

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATU ONYX SEBAGAI  
PENGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON  
TERHADAP MODULUS ELASTISITAS BETON**

**SKRIPSI**

**TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh  
gelar Sarjana Teknik



**ABDULLAH GHIYATS D. U.**  
**NIM. 115060100111057**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**MALANG**  
**2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATU ONYX SEBAGAI PENGGANTI**  
**AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON TERHADAP MODULUS**  
**ELASTISITAS BETON**

**SKRIPSI**  
**TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ABDULLAH GHIYATS D. U.**  
**NIM. 115060100111057**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 29 Januari 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono MD, MT  
NIP. 19560412 198303 1005

Dr. Ir. Edhi Wahjuni Setyowati., MT  
NIP. 19570616 198601 2 001

Mengetahui  
Ketua Program Studi

Dr. Eng. Indradi W., ST., M.Eng (Prac.)  
NIP. 19810220 200604 1 002



## LEMBAR IDENTITAS PENGUJI

### JUDUL SKRIPSI :

Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Beton terhadap Modulus Elastisitas Beton.

Nama Mahasiswa : Abdullah Ghiyats D. U.

NIM : 115060100111057

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

### TIM DOSEN PENGUJI

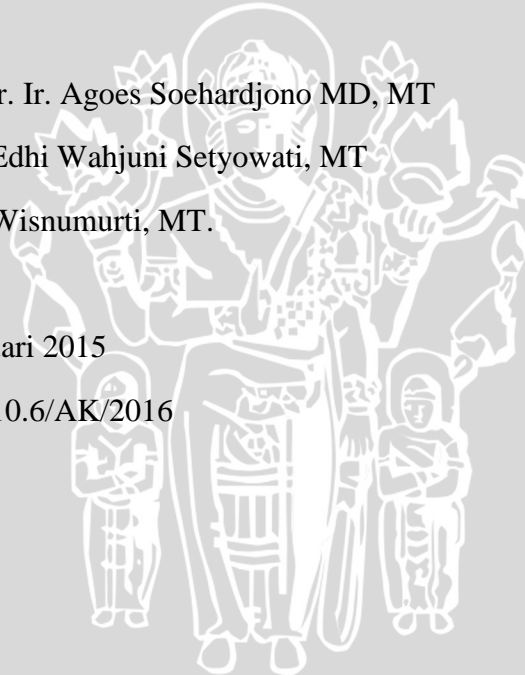
DOSEN PENGUJI 1 : Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono MD, MT

DOSEN PENGUJI 2 : Dr. Ir. Edhi Wahjuni Setyowati, MT

DOSEN PENGUJI 3 : Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

Tanggal Ujian : 21 Januari 2015

SK Penguji : 96/UN10.6/AK/2016



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 29 Januari 2016

Mahasiswa,

Abdullah Ghiyats D. U.

115060100111057



## RIWAYAT HIDUP

Abdullah Ghiyats Dhiya Ulhaq, lahir di Blitar, 11 Maret 1993. Anak dari pasangan Bapak Ir. Riman ,MT dan Ibu Siti Kurniati Wulandari. Menempuh pendidikan di SD Islam Sabilillah Malang pada tahun 1999 – 2005, lalu melanjutkan pendidikan di MTSN 1 Malang tahun 2005 – 2008 dan lalu melanjutkan pendidikan di SMAN 8 Kota Malang tahun 2008 – 2011 dan tahun 2011 – 2015 menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

Malang, Januari 2016

Penulis



## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATU *ONYX* SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON TERHADAP MODULUS ELASTISITAS BETON”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh guna meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Melalui penyusunan skripsi ini mahasiswa diharapkan mampu mempunyai kemampuan dalam menganalisa suatu kasus yang tajam serta membantu memperdalam ilmu yang telah diperoleh selama masa kuliah. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang selalu memberi semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini.
2. Pimpinan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang beserta staf.
3. Dr. Eng. Yulvi Zaika, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Akademis.
4. Prof. Dr. Ir. Agoes SMD, MT., selaku Dosen Pembimbing I skripsi.
5. Dr. Ir. Edhi Wahyuni S., MT., selaku Dosen Pembimbing II skripsi.
6. Ketua Laboratorium beserta Staf Laboran Struktur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
7. Dhita, Aulia, Aisah, Beta dan Karisa selaku Tim Onix Ceria yang telah bekerja sama dengan baik dalam suka maupun duka mulai dari proses pencarian judul hingga skripsi ini selesai.
8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran demi perbaikan ini sangat diharapkan.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan dan bagi mahasiswa Teknik Sipil pada khususnya.

Malang, Januari 2016

Penulis

## RINGKASAN

Struktur beton sendiri mengalami berbagai perkembangan, dimana pada dasarnya berawal dari inovasi-inovasi para *creator* bangunan dalam memecahkan berbagai masalah yang muncul pada bangunan-bangunan sebelumnya. Pada umumnya beton dipakai secara luas sebagai bahan konstruksi bangunan, dengan keutamaan nilai ekonomisnya yang baik serta mudah dalam pembuatannya. *Onyx* merupakan batuan metamorf yang memiliki klasifikasi hampir menyerupai marmer dari hasil penggalian pegunungan kapur di Panggungrejo, Blitar yang sampai saat ini pemanfaatannya umumnya digunakan sebagai bahan dasar kerajinan *furniture*. Salah satu pihak pengerajin batu *onyx* ini berpusat di daerah Campurdarat, Tulungagung. Dari hasil pembuatan *furniture* tersebut, tentunya tersisa limbah hasil pemotongan maupun kerajinan batu *onyx* ini.

Pada penelitian ini, limbah *onyx* dicoba dimanfaatkan sebagai pengganti pada agregat kasar untuk campuran beton dengan variasi faktor air semen (FAS) 0,4; 0,5; dan 0,6 untuk mencari nilai modulus elastisitas beton tersebut.

Nilai modulus elastisitas untuk beton *onyx* dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 24496, 20876, dan 17919 MPa. Sedangkan hasil penelitian mengenai modulus elastisitas untuk beton normal dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 17675, 15978, dan 14592 MPa. Terjadi peningkatan modulus elastisitas pada beton *onyx*. Pada FAS 0,4 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 38,59%. Pada FAS 0,5 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 30,65%. Pada FAS 0,6 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 22,80%.

Kata kunci: beton, limbah *onyx*, FAS, modulus elastisitas

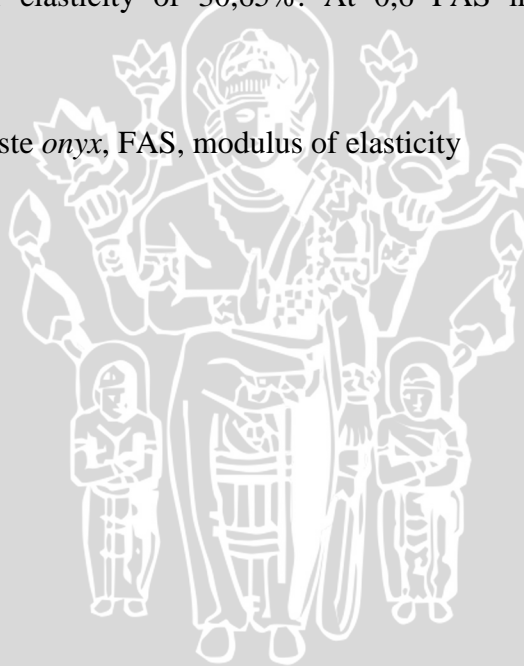
## SUMMARY

The concrete structure has growth rapidly, which is basically started from the innovations of the creator of buildings who solved various problems that arise in the buildings before. Nowadays, concrete is widely used as construction materials by virtue of its economic value is good and easy to make. *Onyx* is a metamorphic rock which has almost resembling marble classification of excavated limestone mountains in Pangungrejo, Blitar that is generally used as the base material for craft furniture. One of *onyx* stone craftsmen is centered in Campurdarat, Tulungagung. From the results of the furniture-making, of course it produce waste due to process cutting this *onyx* stone.

In this study, waste *onyx* tried used as a substitute in coarse aggregate for concrete mixes with a variety of water cement factor (FAS) 0,4; 0,5; and 0,6 to find the value of the modulus of elasticity of concrete.

Modulus of elasticity for concrete *onyx* with FAS variation 0,4; 0,5; and 0,6; value - average as follows 24496, 20876, dan 17919 MPa. While the results of research on the modulus of elasticity for normal concrete with FAS variation 0,4; 0,5; and 0,6; value - average as follows 17675, 15978, dan 14592 MPa. There was an increase in the elastic modulus of concrete *onyx*. At 0,4 FAS increased modulus of elasticity of 38,59%. At 0,5 FAS increased modulus of elasticity of 30,65%. At 0,6 FAS increased modulus of elasticity of 22,80%.

Keywords: concrete, waste *onyx*, FAS, modulus of elasticity





## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Ringkasan .....	ii
Summary .....	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Lampiran .....	viii
Bab I Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat dan Kegunaan Penelitian .....	4
Bab II Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Beton.....	5
2.2 Agregat .....	6
2.3 Semen .....	9
2.4 Air .....	10
2.5 Batuan <i>Onyx</i> .....	11
2.6 Tegangan dan Regangan pada Beton .....	12
2.7 Modulus Elastisitas pada Beton.....	14
2.8 Penelitian Terdahulu .....	16
2.9 Hipotesa Penelitian .....	19
Bab III Metode Penelitian .....	21
3.1 Uraian Umum .....	21
3.2 Benda Uji Penelitian.....	21
3.3 Bagan Alir Penelitian dan Pembuatan Benda Uji.....	23
3.4 Alat-alat yang Digunakan.....	24
3.5 Pengujian Agregat Halus .....	24
3.6 Pengujian Agregat Kasar .....	24
3.7 Perencanaan Campuran Beton .....	25
3.8 Pembuatan Benda Uji .....	25
3.9 Pengujian <i>Slump</i> .....	25
3.10 Perawatan Benda Uji.....	26
3.11 Pengujian Modulus Elastisitas Beton .....	26
3.12 Analisa Penelitian .....	28

Bab IV Hasil dan Pembahasan .....	29
4.1 Pengujian Agregat.....	29
4.1.1 Semen.....	29
4.1.2 Air .....	29
4.1.3 Pengujian agregat halus .....	29
4.1.4 Pengujian agregat kasar .....	33
4.2 Perancangan Campuran Adukan Beton .....	39
4.3 Pengujian Nilai <i>Slump</i> .....	39
4.4 Pengujian Berat Benda Uji Silinder .....	40
4.5 Pengujian Modulus Elastisitas .....	41
4.6 Uji Hipotesa .....	48
4.7 Pembahasan .....	51
Bab V Penutup.....	53
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	53
Daftar Pustaka .....	55
Lampiran	



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Gradasi agregat halus (pasir sedang) zona 2 .....8

Gambar 2.2 Gradasi agregat kasar ukuran maksimum 20mm .....9

Gambar 2.3 Diagram tegangan dan regangan .....13

Gambar 2.4 Hubungan antara tegangan dan regangan pada beton .....15

Gambar 3.1 Limbah batuan *onyx* .....21

Gambar 3.2 Bagan alir penelitian.....23

Gambar 3.3 Skema pengujian modulus elastisitas .....27

Gambar 4.1 Grafik lengkung agregat halus zona 2 .....30

Gambar 4.2 Grafik lengkung agregat batu *onyx* zona maksimal agregat ukuran 20mm ....34

Gambar 4.3 Grafik lengkung agregat kerikil zona maksimal agregat ukuran 20mm .....35

Gambar 4.4 Grafik hubungan tegangan dan regangan pada benda uji 1.....43

Gambar 4.5 Korelasi nilai modulus elastisitas terhadap variasi FAS (eksperimen) .....45

Gambar 4.5 Korelasi nilai modulus elastisitas terhadap variasi FAS (analisa) .....47



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jumlah dan ukuran penampang benda uji modulus elastisitas dengan mengganti agregat kasar menggunakan limbah batu <i>onyx</i> .....	22
Tabel 3.2 Jumlah dan ukuran penampang benda uji modulus elastisitas dengan agregat kasar kerikil normal .....	22
Tabel 4.1 Gradasi agregat halus .....	29
Tabel 4.2 Perhitungan kadar air agregat halus .....	31
Tabel 4.3 Perhitungan berat isi agregat halus .....	32
Tabel 4.4 Gradasi agregat limbah batu <i>onyx</i> .....	33
Tabel 4.5 Gradasi agregat batu kerikil .....	34
Tabel 4.6 Perhitungan kadar air agregat limbah batu <i>onyx</i> .....	37
Tabel 4.7 Perhitungan Kadar Air Agregat Kerikil .....	37
Tabel 4.8 Perhitungan berat Isi agregat limbah batu <i>onyx</i> .....	38
Tabel 4.9 Perhitungan berat isi agregat kerikil .....	38
Tabel 4.10 Rekap kebutuhan bahan hasil <i>mix design</i> beton <i>onyx</i> .....	39
Tabel 4.11 Rekap kebutuhan bahan hasil <i>mix design</i> beton normal .....	39
Tabel 4.12 Hasil uji <i>slump</i> .....	39
Tabel 4.13 Rekap berat benda uji .....	40
Tabel 4.14 Data hasil pengujian benda uji 1 pada FAS 0,4 untuk beton <i>onyx</i> .....	41
Tabel 4.15 Rekap nilai modulus elastisitas beton <i>onyx</i> .....	44
Tabel 4.16 Rekap nilai modulus elastisitas beton normal .....	44
Tabel 4.17 Nilai modulus elastisitas masing-masing variasi FAS .....	45
Tabel 4.18 Rekap nilai modulus elastisitas beton <i>onyx</i> berdasarkan SNI-03-2847-2002 .....	46
Tabel 4.19 Rekap nilai modulus elastisitas beton normal berdasarkan SNI-03-2847-2002 .....	46
Tabel 4.18 Perhitungan pengujian hipotesa modulus elastisitas beton <i>onyx</i> terhadap variasi FAS .....	49
Tabel 4.19 Perhitungan pengujian hipotesa modulus elastisitas beton normal terhadap variasi FAS .....	49



**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Perhitungan *Mix Design* .....54

Lampiran 2 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton *Onyx* FAS 0,4.....63

Lampiran 3 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton *Onyx* FAS 0,5.....95

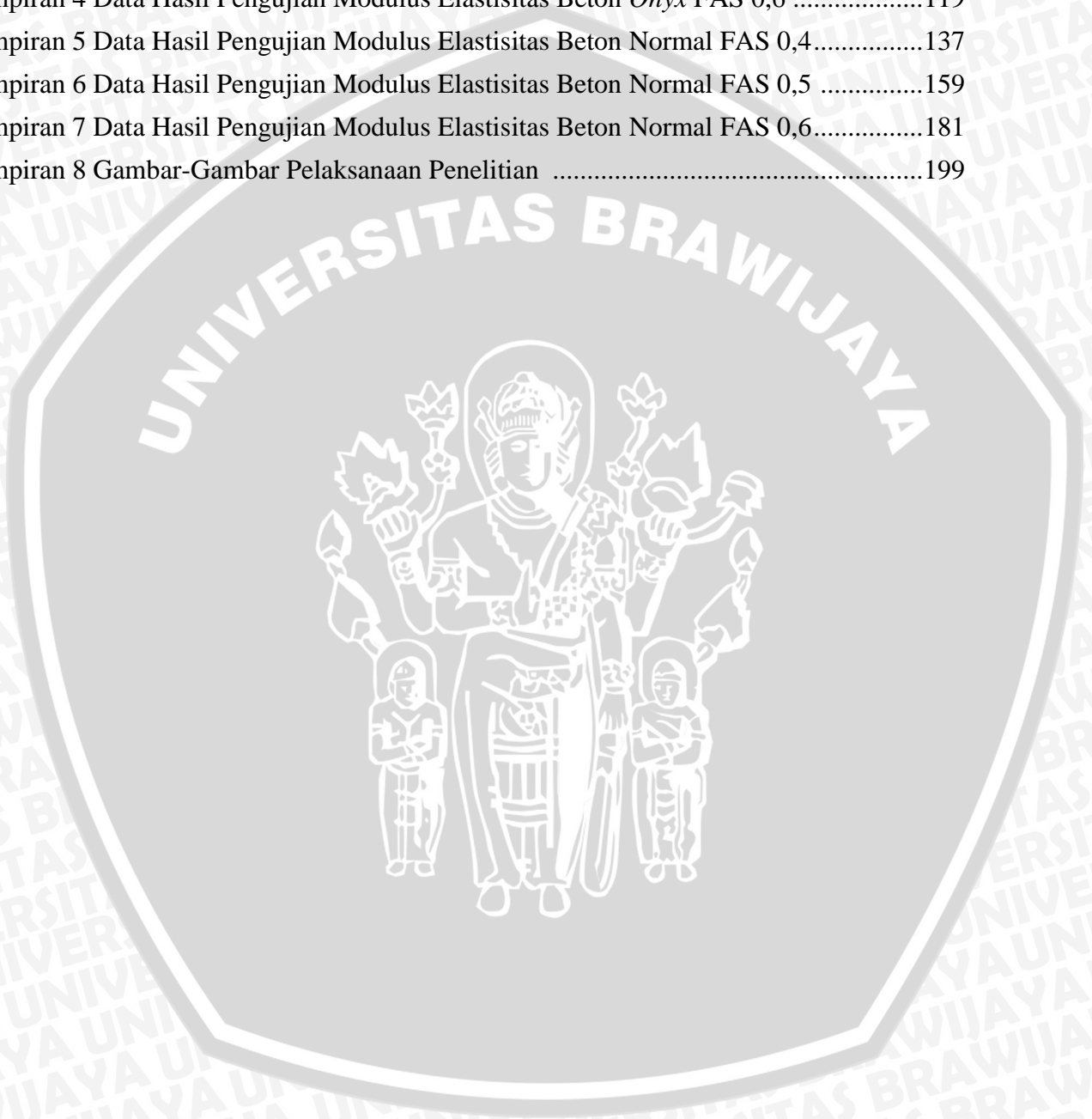
Lampiran 4 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton *Onyx* FAS 0,6 .....119

Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal FAS 0,4.....137

Lampiran 6 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal FAS 0,5 .....159

Lampiran 7 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal FAS 0,6.....181

Lampiran 8 Gambar-Gambar Pelaksanaan Penelitian .....199



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang`

Dari masa ke masa pembangunan kian berkembang pesat, tidak dapat dipungkiri lagi bahwa pembangunan ini sudah menjadi salah satu bukti dari kemajuan zaman. Dalam pembangunan ini tentunya tidak akan lepas dari penggunaan struktur beton yang menjadi salah satu konstruksi utama yang umum digunakan pada bangunan-bangunan yang ada saat ini. Struktur beton sendiri mengalami berbagai perkembangan, dimana pada dasarnya berawal dari inovasi-inovasi para *creator* bangunan dalam memecahkan berbagai masalah yang muncul pada bangunan-bangunan sebelumnya. Selain dari berbagai terobosan atas masalah yang ada, kini permintaan pasar dalam pembangunan cukup beragam. Salah satunya dari segi *artificial*-nya atau tampak luar dari bangunan tersebut, sehingga ingin didapatkan hasil bangunan yang tidak hanya kuat, tetapi memiliki nilai keindahan yang baik juga.

Pada umumnya beton dipakai secara luas sebagai bahan konstruksi bangunan, dengan keutamaan nilai ekonomisnya yang baik serta mudah dalam pembuatannya. Sebagai salah satu material utama dalam konstruksi, beton senantiasa dikembangkan. Melalui penelitian dan percobaan, teknologi beton kini berkembang maju dengan pesat. Beton sendiri tersusun dari bahan yang mudah didapatkan, antara lain seperti pasir, kerikil, semen, dan air. Pengembangan teknologi beton ini dapat dilakukan dengan mengganti agregat kasar maupun pasir dengan bahan-bahan lainnya yang memiliki karakteristik yang sesuai pada beton atau dengan menambahkan bahan-bahan yang bersifat *pozzolan* untuk membantu kinerja semen. Salah satu tujuan dari pengembangan teknologi beton adalah untuk mendapatkan sifat fisis dan mekanis yang optimal.

*Onyx* merupakan batuan metamorf yang memiliki klasifikasi hampir menyerupai marmer dari hasil penggalian pegunungan kapur di Panggungrejo, Blitar yang sampai saat ini pemanfaatannya umumnya digunakan sebagai bahan dasar kerajinan *furniture*. Salah satu pihak pengerajin batu *onyx* ini berpusat di daerah Campurdarat, Tulungagung. Dari hasil pembuatan *furniture* tersebut, tentunya tersisa limbah hasil pemotongan maupun kerajinan batu *onyx* ini. Sementara ini limbah batu *onyx* hanya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan keramik, dengan cara melembutkan limbah ini menjadi cairan kental menyerupai pasta. Namun limbah ini masih cukup banyak terdiri dari bongkahan-

bongkahan yang cukup besar, sehingga dapat dimanfaatkan agar memiliki nilai lain tanpa harus menghaluskan bongkahan padat tersebut. Padahal industri batu *onyx* ini setiap bulannya mampu menghasilkan limbah cukup banyak dan masih ada beberapa yang belum dimanfaatkan secara sempurna. Jika limbah kerajinan sebanyak itu tidak dikelola secara benar, dampaknya akan terjadi penumpukan bongkahan yang cukup banyak, sehingga memakan lahan yang cukup luas. Dalam penelitian ini penggunaan beton dengan agregat daur ulang berbahan limbah batu *onyx* menjadikan nilai beton menjadi lebih *artificial*.

Untuk itu pada penelitian ini, limbah batu *onyx* dicoba dimanfaatkan sebagai pengganti pada agregat kasar untuk campuran beton dengan prosentase faktor air semen (FAS) 0,4; 0,5; dan 0,6. Perlu diketahui batu *onyx* ini mempunyai karakteristik batuan yang memiliki sifat *impermeable* cukup tinggi. Parameter utama dari penelitian ini adalah tingkat modulus elastisitas beton yang sangat dipengaruhi beberapa faktor seperti air semen, jumlah semen, dan juga sifat dan kualitas dari agregat, maka dari itu pemilihan bahan yang akan digunakan sangatlah diperlukan, agar didapat mutu beton yang diinginkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apakah limbah batu *onyx* dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar untuk beton.
2. Berapa faktor air semen maksimum pada beton dengan penggunaan limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar jika dilihat berdasarkan nilai modulus elastisitasnya.
3. Berapa nilai modulus elastisitas beton dengan limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar.

## 1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya lingkup penelitian, maka akan membutuhkan waktu yang panjang dan biaya yang tidak sedikit. Untuk itu agar pembahasan lebih terfokus pada penelitian ini, maka pembahasan dalam penelitian ini akan dibatasi.

Adapun batasan masalah yang akan dibahas adalah:

1. Tegangan dan regangan beton alternatif dengan perbandingan faktor air semen (FAS) sekitar 0,4; 0,5; dan 0,6 menggunakan bahan uji silinder beton.
2. Pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari.

3. Jumlah sampel benda uji dengan agregat *onyx* tiap masing-masing variabel berjumlah 15 buah dan benda uji agregat kerikil tiap masing-masing variabel berjumlah 10 buah.
4. Limbah batu *onyx* yang dipakai dalam penelitian ini adalah bongkahan limbah yang berasal dari pihak pengerajin di daerah Campurdarat, Tulungagung. Serta limbah yang tertahan di ayakan No.4 atau ayakan dengan ukuran diameter lubang  $\pm 5$  mm.
5. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan ukuran 15x30 cm.
6. Mutu beton yang digunakan mutu beton normal K200 dengan nilai  $f'c$  sebesar 16,66 Mpa.
7. Proses perubahan reaksi kimia beton tidak akan dibahas.
8. Tidak dilakukan analisa ekonomi akibat penggunaan limbah batuan *onyx* sebagai pengganti agregat kasar.
9. Pengaruh kelembaban, suhu, dan lingkungan diabaikan.
10. Semen yang digunakan adalah tipe semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*), dalam penelitian ini dipergunakan Semen Gresik.
11. Pasir dan kerikil yang digunakan adalah pasir Malang dan kerikil Malang.
12. Air yang digunakan berasal dari PDAM Kota Malang.
13. Pengaruh limbah batu *onyx* terhadap nilai modulus elastisitas beton yang dimaksud adalah besarnya peningkatan nilai modulus elastisitas beton alternatif terhadap beton normal.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

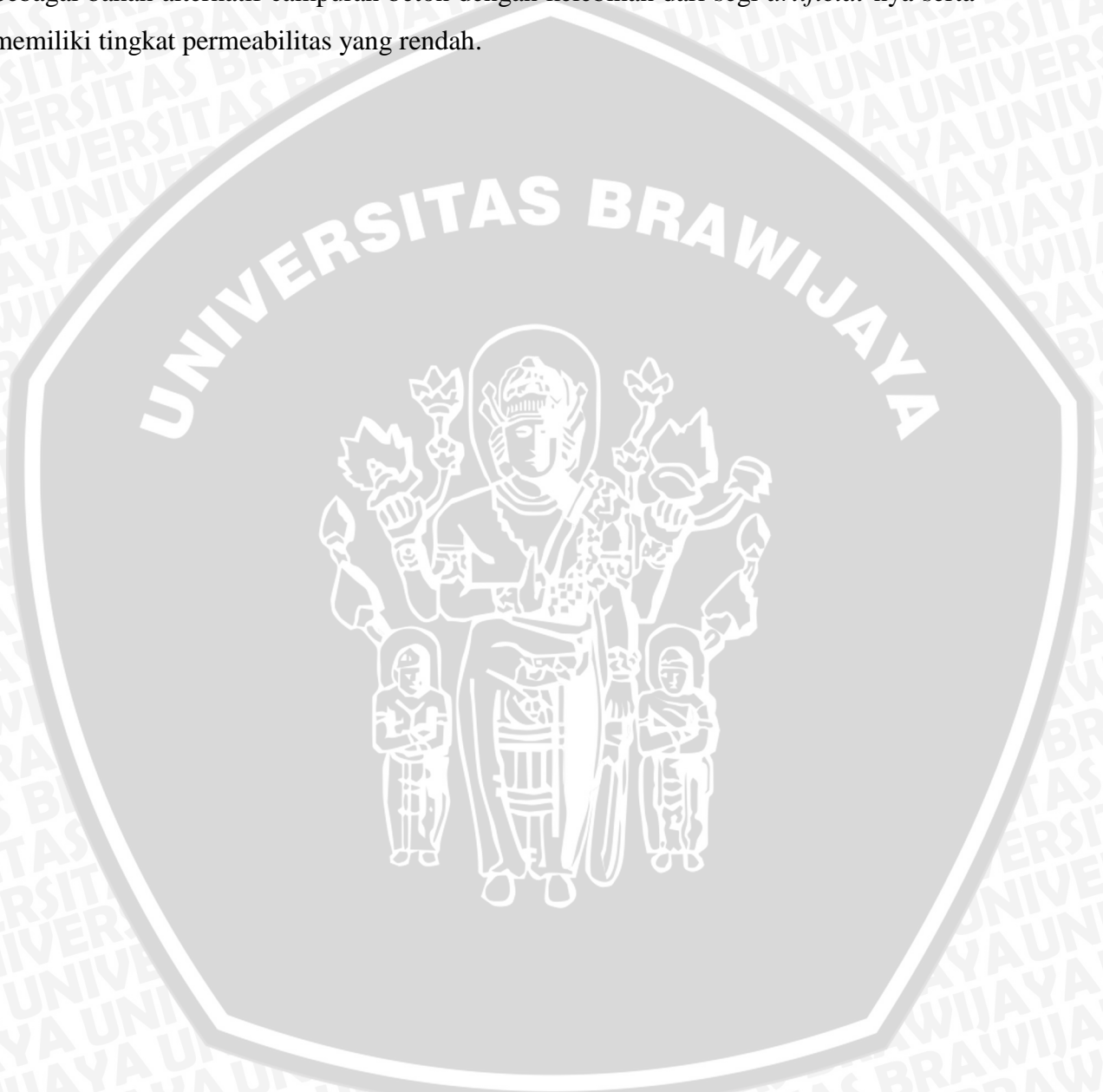
1. Untuk mengetahui apakah limbah batu *onyx* dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar untuk beton.
2. Untuk mengetahui faktor air semen maksimum pada beton alternatif dengan penggunaan limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar, berdasarkan nilai modulus elastisitasnya.
3. Untuk mengetahui nilai modulus elastisitas beton alternatif dengan limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar.



### 1.5. Manfaat dan Kegunaan Penelitian

Adapun manfaat dan kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memanfaatkan limbah batu *onyx* menjadi sesuatu yang bermanfaat dan berdaya guna dalam bidang konstruksi, khususnya bagi masyarakat sekitar yang tinggal di daerah pengrajin batu *onyx*.
2. Sebagai bahan alternatif campuran beton dengan kelebihan dari segi *artificial*-nya serta memiliki tingkat permeabilitas yang rendah.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI-03-2834-2000). Beton merupakan bahan semacam batuan buatan yang diperoleh dengan hasil pencampuran secara proporsional dari semen, pasir, dan kerikil atau agregat lainnya, serta air untuk mengeras dalam bentuk-bentuk dan dimensi dari struktur diinginkan. Semen dan air berinteraksi secara kimiawi untuk mengikat partikel agregat menjadi massa yang solid. Beton dengan berbagai sifat dapat diperoleh dengan penyesuaian ketentuan proporsi bahan penyusunnya (Arthur, 2010). Sehingga dapat disimpulkan bahwa umumnya beton merupakan suatu hasil olahan dari beberapa zat penyusun antara lain berupa kerikil sebagai agregat kasar, pasir sebagai agregat halus, dan semen yang bercampur dengan air sebagai elemen yang melekatkan antar agregat tersebut.

Beton merupakan material yang sangat sering digunakan sebagai struktur suatu bangunan. Beton sebagai bahan konstruksi yang sangat populer penggunaannya di Indonesia dibandingkan bahan konstruksi lain seperti baja dan kayu. Hampir setiap bangunan sipil, seperti gedung tidak dapat dipisahkan dengan beton baik sebagai komponen struktur utama maupun non-struktur. Beton terbentuk dari campuran semen, air dan agregat yang akan mengeras melalui proses kimiawi. Semen dan air akan membentuk pasta yang mengikat agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil). Pasir dan kerikil sebagian besar berasal dari alam (sungai, bukit/gunung). Semakin pesatnya pembangunan menyebabkan kebutuhan agregat kasar dalam dunia konstruksi juga semakin meningkat. Mengingat sumber daya agregat kasar yang terbatas dan biasanya mempunyai berat jenis yang besar, maka perlu adanya alternatif agregat halus maupun kasar dari bahan lain untuk menggantikan agregat halus dan kasar alami yang mempunyai berat jenis yang relatif kecil. Di samping itu, saat ini mulai banyak dikembangkan agregat-agregat buatan dari bahan non-alami dan limbah (Ardhiantika, 2014).

Beton mempunyai beberapa kelebihan, antara lain yaitu (Mulyono,2005) :

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
2. Mampu memikul beban yang berat.

3. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
4. Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton adalah relatif tinggi.
5. Biaya pemeliharaan yang kecil.

Sedangkan kekurangan dari beton yaitu (Mulyono,2005):

1. Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah.
2. Pelaksanaan pengerjaan membutuhkan ketelitian tinggi
3. Berat
4. Daya pantul suara cukup besar

Oleh karena itu dibutuhkan beton yang memiliki ketahanan terhadap beberapa permasalahan tersebut. Salah satunya dalam penelitian ini digunakan limbah batuan *onyx*. Selain sebagai pemanfaatan limbah yang tersisa dan tidak terpakai, limbah ini memiliki sifat *impermeable* yang cukup baik untuk mencegah masuknya air, uap air, gas dan zat kimia yang dapat merusak beton.

## 2.2 Agregat

Agregat merupakan bahan pengisi utama pada beton, prosentase agregat ini cukup besar, sehingga keberadaan agregat sebagai bahan pengisi sangat mempengaruhi kekuatan beton (Mulyono, 2005). Agregat menjadi pengisi utama dalam beton, sehingga variasi agregat yang digunakan akan mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri. Agregat kasar menjadi pengokoh beton, dikarenakan dimensi dari agregat ini besar dan agregat halus berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga antar agregat kasar yang masih kosong.

Berdasarkan SNI-03-1750-1990, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm.

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasil oleh alat-alat pemecah batu. Berikut syarat-syarat dari agregat halus yang digunakan menurut PBI 1971, antara lain seperti:

1. Pasir terdiri dari butir- butir tajam, keras dan kekal. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian- bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.

3. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder*. Agregat yang tidak memenuhi syarat percobaan ini bisa dipakai apabila kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan beton dengan agregat yang sama tapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih pada umur yang sama.

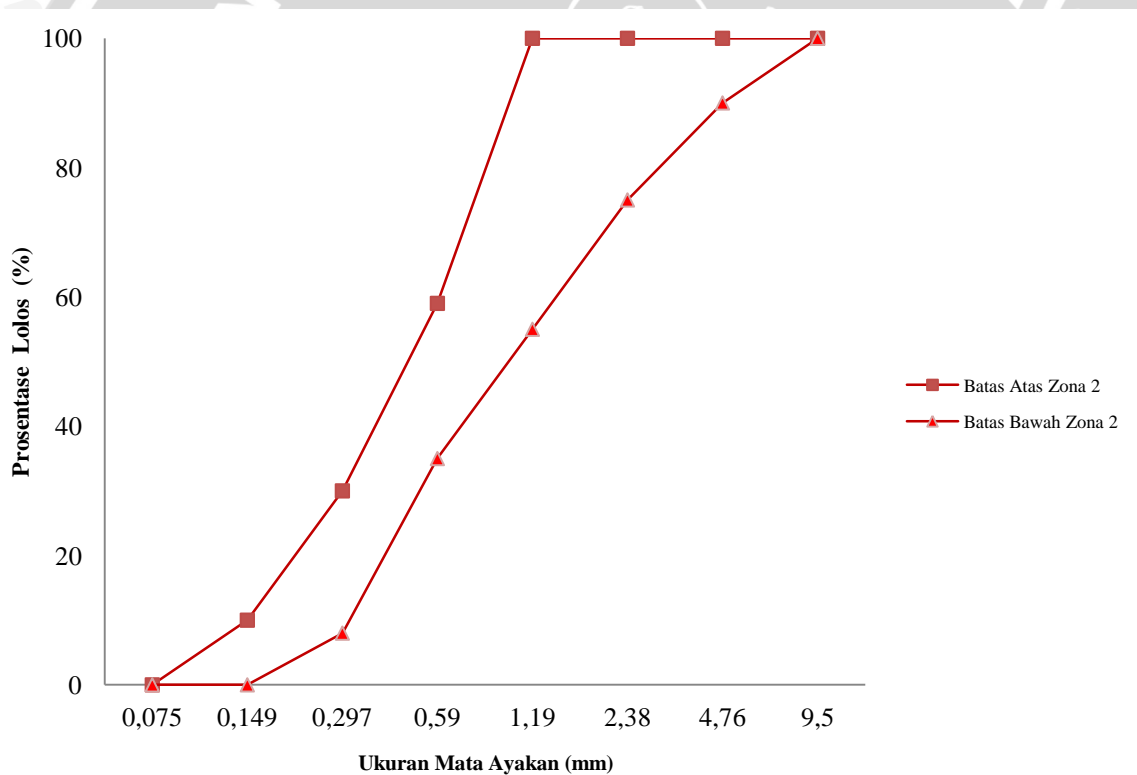
Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm-40 mm (SNI-03-1750-1990). Agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan). Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
2. Tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat kasar digunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinnya dihitung setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,6%, atau dengan menambahkan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaihan yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.
3. Sifat kekal dari agregat kasar dapat diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
  - a. Jika dipakai natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), bagian yang hancur maksimum 12% berat agregat.
  - b. Jika dipakai magnesium sulfat ( $\text{MgSO}_4$ ), bagian yang hancur maksimum 12% berat agregat.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan yang reaktif sekali dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH.

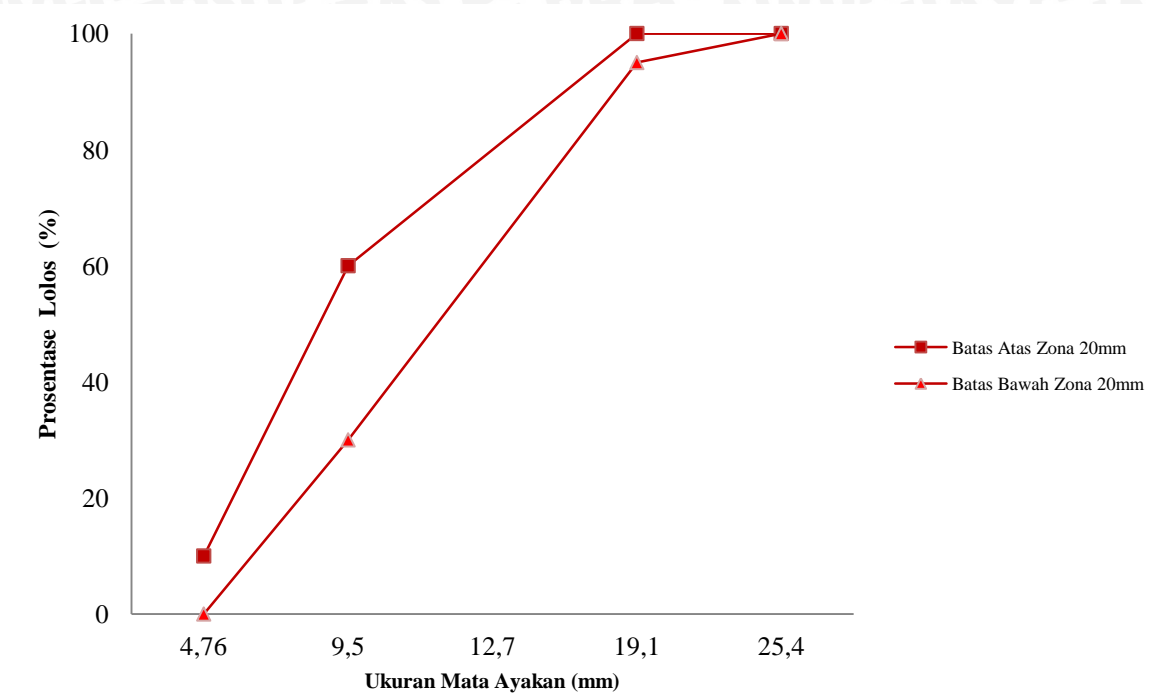
Dalam pembuatan beton perlu diperhatikan variasi ukuran butir agregat yang akan digunakan. Seluruh spesifikasi campuran beton mensyaratkan bahwa partikel agregat harus

berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Dikarenakan proporsi agregat sebagai bahan pengisi beton berkisar antara 70% hingga 75% dari volume beton, maka variasi penggunaan agregat sangat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran. Variasi ukuran agregat dalam beton ini disebut juga sebagai gradasi agregat (Nugraha dan Antoni,2007).

Gradasi agregat dari suatu material penyusun beton dikelompokkan berdasarkan jumlah material yang lolos dan tertahan pada saringan yang telah ditentukan. Untuk agregat kasar merupakan agregat yang tertahan oleh saringan no.4 ( $\pm 5\text{mm}$ ), sedangkan agregat halus merupakan agregat yang lolos saringan no.4 ( $\pm 5\text{mm}$ ). Pengelompokan gradasi agregat kasar dan agregat halus pada penelitian ini didasarkan atas SNI-03-2834-2000 adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.1** Gradasi agregat halus (pasir sedang) zona 2



**Gambar 2.2** Gradasi agregat kasar ukuran maksimum 20mm

### 2.3 Semen

Semen merupakan bahan yang memiliki sifat adhesif maupun kohesif sehingga mampu merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang rapat dan dapat mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Sifat-sifat dari semen yang paling penting mencakup beberapa hal seperti tingkat kehalusan butir, waktu ikat awal, panas hidrasi, dan berat jenis semen. Bahan dasar pembentuk semen portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi (Neville dan Brooks, 2010).

Dalam penelitian ini semen yang akan digunakan adalah semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*) dari semen gresik. Semen PPC merupakan bahan pengikat hidrolis yang dibuat dengan menggiling terak, *gypsum*, dan bahan *pozzolan* ([www.semenindonesia.com](http://www.semenindonesia.com)). Jadi dapat diketahui bahwa proses produksi dilakukan dengan menggiling klinker semen Portland dan pozzolan. Pencampuran secara rata dilakukan pada bubuk semen Portland dan pozzolan atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozzolan 15 hingga 40% massa semen Portland Pozzolan. Semen hidrolis ini merupakan hasil dari pencampuran homogen antara semen Portland dan pozzolan halus.

Sementara PPC (Portland Pozzolan Cement) adalah semen hidrolis yang terbuat dari penggilingan terak (klinker) semen portland dengan gipsum dan bahan pozzolan, untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi

sedang seperti jembatan, jalan perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, dan bangunan irigasi. Tipe semen yang tersedia di pasaran seringnya yang tipenya PPC.

Semen merupakan bahan penyusun beton yang berfungsi sebagai pengikat antar agregat beton. Semen bisa mengikat agregat agregat tersebut apabila bereaksi dengan air. Periode reaksi antara semen dan air ini terbagi menjadi dua periode, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Periode pengikatan awal merupakan proses pada saat semen menjadi kaku, dimana tidak boleh terjadi kurang dari satu jam (Nurlina, 2008).

#### 2.4 Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang paling penting dan paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan menyebabkan terjadinya pengikatan antara pasta semen dengan agregat, sedangkan fungsi lain sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Secara umum air yang dapat digunakan dalam campuran adukan beton adalah air yang apabila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % dari beton yang memakai air suling. Sedangkan saat beton mengeras air digunakan untuk perawatan (*curing*).

Syarat air yang bisa digunakan dalam beton adalah air yang memenuhi syarat sebagai air minum, sedangkan air yang mengandung zat kimia, garam, asam tidak diperbolehkan karena akan mengurangi kekuatan beton dan merubah sifat-sifat beton (Nurlina, 2008). Contoh air yang mengandung zat kimia adalah air laut dan air buangan industry. Air laut pada umumnya mengandung garam, sodium kloroda, magnesium sulfat. Air buangan industry biasanya juga mengandung asam atau alkali. Zat-zat tersebut dapat mengurangi kekuatan beton hingga 20 %. Oleh karena itu kedua jenis air tersebut sebaiknya tidak digunakan untuk campuran adukan beton.

Agar tetap dalam kondisi basah, beton perlu ditutup dengan kain goni basah atau direndam dalam air selama periode waktu tertentu ( $\pm 28$  hari) sehingga penguapan yang berlebihan dapat dicegah. Apabila terjadi penguapan yang berlebihan, maka air yang diperlukan untuk proses hidrasi berkurang dan hal ini akan mengurangi kekuatan beton. Penguapan juga dapat menyebabkan terjadinya retak akibat adanya tegangan tarik akibat penyusutan. Dengan demikian perawatan yang baik terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya (Neville dan Brooks, 2010).

Dalam pencampuran air pada beton, diperlukan komposisi air yang cukup. Komposisi air ini disebut juga faktor air-semen, dimana faktor air-semen adalah hasil perbandingan antara kadar air dan kadar semen yang diperlukan.

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS (faktor air-semen), semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan mengalami kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. (Mulyono, 2005)

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air bereaksi dengan semen akan menjadi pasta pengikat agregat. Air berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton mengalami *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan beton antara lapis permukaan (akibat *bleeding*) dengan beton lapisan di bawahnya. Kurangnya lekatan antar dua lapisan tersebut merupakan area yang lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap sifat *workability* adukan beton, besar kecilnya nilai susut beton, kelangsungan reaksi dengan semen portland sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu, dan peranan air sangat mendukung perawatan adukan beton diperlukan untuk menjamin pengerasan yang baik.

## 2.5 Batuan *Onyx*

*Onyx* merupakan susunan dari kristal padat yang terbentuk akibat proses metamorfosis batu kapur, umumnya mengandung *calsit* ( $\text{CaCO}_3$ ), *dolomit* [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] atau kombinasi kedua mineral tersebut. *Onyx* sendiri memiliki kadar *calsit* yang mencapai 90% lebih banyak dibandingkan dengan zat penyusun lainnya. Limbah *onyx* ini merupakan limbah dari kerajinan batu *onyx* yaitu limbah dari proses batu *onyx* yang diukir dan dibentuk dengan tangan sehingga pecahannya ada yang berupa kerikil, ada juga yang berupa pasir (Aditya, 2012).

Kata metamorfosa berasal dari bahasa Yunani, yaitu *metamorphism* dimana *meta* yang artinya berubah dan *morph* yang artinya bentuk. Dengan demikian pengertian metamorfosa dalam geologi adalah merujuk pada perubahan dari kelompok mineral dan tekstur batuan yang terjadi dalam suatu batuan yang mengalami tekanan dan temperatur yang berbeda dengan tekanan dan temperatur saat batuan tersebut pertama kalinya terbentuk. Metamorfosa terjadi pada temperatur dan tekanan diatas diagenesa (proses sedimentasi). Batuan yang dapat mengalami tekanan dan temperatur diatas 300 Mpa dan 200° C



umumnya berada pada kedalaman tertentu dan biasanya berasosiasi dengan proses tektonik, terutama di daerah tumbukan lempeng atau zona subduksi. Batas atas antara proses metamorfosa dan pelelehan batuan masih menjadi pertanyaan hingga saat ini. Sekali batuan mulai mencair, maka proses perubahan merupakan proses pembentukan batuan beku. Sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan metamorf adalah batuan yang terbentuk dari batuan asal (batuan beku, sedimen, metamorf) yang mengalami perubahan temperatur (T), tekanan (P), atau Temperatur (T) dan Tekanan (P) secara bersamaan yang berakibat pada pembentukan mineral-mineral baru dan tekstur batuan yang baru (Noor, D., 2009).

Limbah batu *onyx* ini mempunyai ciri-ciri sebagai berikut (Aditya, 2012):

1. Berwarna putih kecoklatan.
2. Mempunyai permukaan yang tajam dan keras, sehingga memberikan ikatan yang kuat pada pasta semen.
3. Limbah *onyx* ini lebih bersih dari lempung dan lumpur, yang dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen.
4. Pasir *onyx* mempunyai karakteristik yang sama dengan pasir sungai, tetapi dalam pasir *onyx* ini berwarna putih kecoklatan dan mempunyai butir-butir halus dengan ukuran butiran antara 0,5 mm dan 5 mm. Dimana butiran ini hampir mendekati karakteristik pasir yang berasal dari kikisan bebatuan yang berasal dari sungai.
5. Kerikil *onyx* mempunyai karakteristik bentuk yang tajam, keras, dengan ukuran  $\geq 5$  mm sampai dengan 30 mm.

Hasil pecahan sisa kerajinan *onyx* ini bisa dikatakan sebagai limbah, dikarenakan pecahan-pecahan batu *onyx* ini telah menerima beberapa perlakuan sebelumnya. Perlakuan yang diterima oleh batu *onyx* ini bisa berupa pukulan dan tekanan akibat potongan gergaji maupun mesin pemecah batu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa karakteristik dan kekuatan batu *onyx* ini akan berubah sesuai dengan perlakuan yang diterima oleh batuan ini. Dalam penelitian ini dilakukan penggantian agregat kasar pada beton dengan menggunakan limbah batu *onyx*.

## 2.6 Tegangan dan Regangan pada Beton

Tegangan secara umum didefinisikan sebagai perlawanan bahan terhadap beban luar, yang diukur dalam besaran beban-kerja persatuan luas. Banyak elemen struktur yang fungsinya harus menahan beban (*load*) secara aksial yaitu beban sejajar dan tepat pada sumbu memanjang batang. beban akan mengakibatkan batang memendek dan membesar

pada sisi-sisinya. Beban yang ada dibagi-bagi secara merata keseluruhan luasan permukaan penampang. Besarnya beban yang harus ditahan oleh batang untuk setiap unit luas disebut tegangan (*stress*) (Pawirodikromo, 2014).

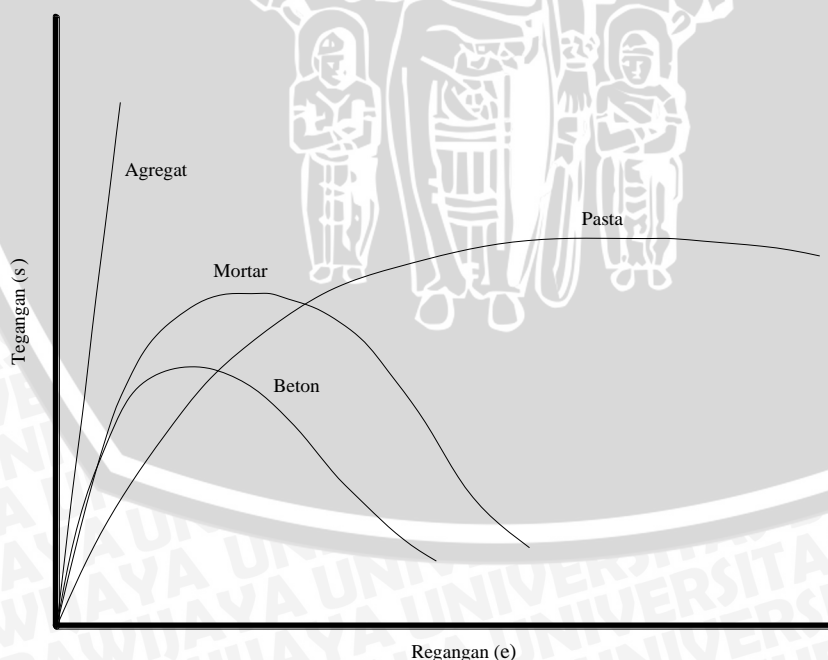
Berdasarkan pengertian tersebut dapat ditarik suatu rumus matematis bahwa tegangan suatu bahan adalah hasil pembagian antara beban yang diterima dengan luas permukaan penerima beban tersebut. Sehingga dapat ditarik rumus umum dari tegangan ( $\sigma$ ) sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana (P) merupakan besar beban yang diterima oleh penampang dan (A) adalah luasan penampang yang menerima beban sebesar P. Sementara pada tegangan yang terjadi pada beton dalam suatu penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$f_{c_i} = \frac{P_i}{A_i}$$

Suatu elemen akan mengalami perubahan bentuk/dimensi apabila dibebani oleh beban luar. Misalnya suatu batang prismatik (bentuk, ukuran dan luas tampangnya tetap/sama) dibebani secara aksial beban tarik ataupun beban desak, maka sebagaimana sifat elastik material, batang akan berubah ukuran/bentuk secara tiga dimensi. Rasio antara perubahan dimensi terhadap dimensi awalnya disebut regangan (*strain*) (Pawirodikromo, 2014).



**Gambar 2.3** Diagram tegangan dan regangan (Arthur H. Nilson, 2010)

Diagram diatas menjelaskan hubungan antara tegangan dan regangan pada beton yang dipisahkan juga berdasarkan bahan-bahan penyusunnya, baik itu semen, agregat, ataupun

hanya mortar saja. Dari diagram tegangan diatas juga dapat kita ketahui bahwa agregat benar-benar berpengaruh dalam menentukan kuat tekannya. Namun dikarenakan agregat memiliki kelemahan yaitu nilai peregangannya cukup lemah. Sehingga fungsi semen dan air yang berikatan nantinya akan menjadi pengikat antar agregat sehingga memiliki nilai peregangan yang cukup.

Regangan suatu bahan adalah hasil pembagian antara panjang mula-mula benda dengan perubahan panjang benda akibat gaya yang diterima benda tersebut. Sehingga regangan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

dengan :

$\Delta l$  = perpendekan arah longitudinal.

$l$  = tinggi beton relatif ( jarak antara dua *strain gauge* ).

## 2.7 Modulus Elastisitas pada Beton

Tolak ukur yang umum dari sifat elastik suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan. Modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan yang lebih tinggi biasanya mempunyai harga E yang lebih tinggi pula (Murdock dan Brook, 1991:11).

Modulus elastisitas atau *modulus Young* dapat juga didapat dari hubungan linier antara tegangan dan regangan untuk suatu batang yang mengalami tarik atau tekan. Semakin besar harga modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi pada suatu tingkat pembebanan tertentu dan berbanding lurus dengan nilai kuat tekan beton tersebut, atau dapat dikatakan material tersebut semakin kaku (*stiff*). Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

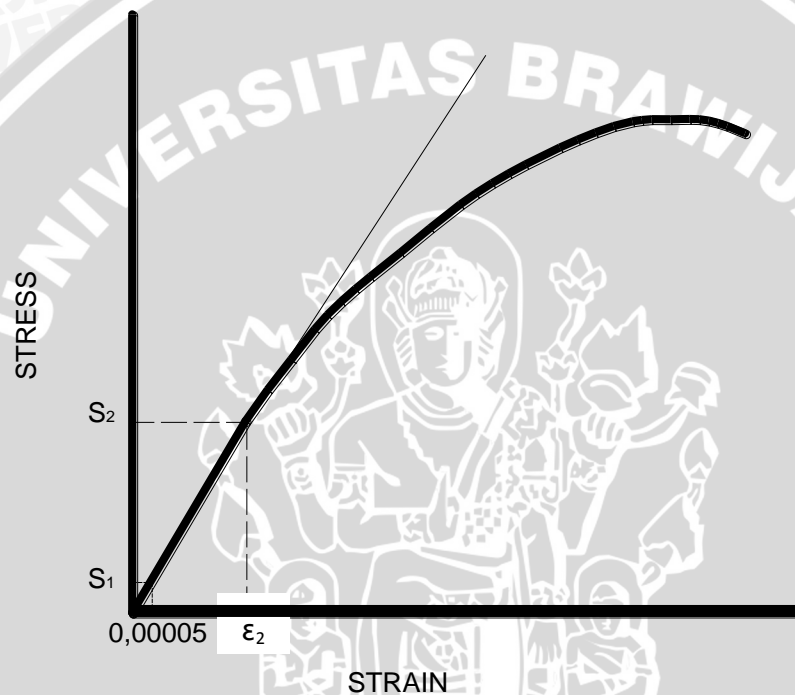
$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ , dimana ( $\sigma$ ) merupakan tegangan aksial searah sumbu benda uji dan ( $\varepsilon$ ) adalah regangan aksial. Serta (E) adalah nilai modulus elastisitas itu sendiri (Gere dan Timoshenko, 1996).

Berdasarkan dari grafik tegangan regangan juga dapat ditarik nilai dari modulus elastisitasnya, dengan rumus sebagai berikut:

$E = \tan \alpha$ , dimana ( $\alpha$ ) merupakan sudut kemiringan dari kurva tegangan-regangan. Modulus elastisitas adalah kemiringan kurva tegangan-regangan di dalam daerah elastis linier pada sekitar 50% beban puncak (ultimate load) (Gere dan Timoshenko, 1996:).

Dalam SNI-03-2847-2002 dijelaskan bahwa nilai modulus elastisitas beton ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk nilai  $w_c$  di antara 1 500 kg/m<sup>3</sup> dan 2 500 kg/m<sup>3</sup>, nilai modulus elastisitas beton  $E_c = (w_c)^{1,5} 0,043 \sqrt{f'c}$  (dalam MPa).
2. Untuk beton normal  $E_c$  dapat diambil  $E_c = 4700 \sqrt{f'c}$  (dalam MPa).



**Gambar 2.4** Hubungan antara tegangan dan regangan pada beton (Soleman, 2005)

Berdasarkan ASTM C469-02 perhitungan modulus elastisitas beton yang digunakan adalah modulus chord. Adapun perhitungan modulus elastisitas chord ( $E_c$ ) dengan rumus:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \text{ (MPa)}$$

dengan:

$S_2$  = tegangan sebesar 40%  $f'c$

$S_1$  = tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal akibat tegangan sebesar 0,00005 MPa

$\epsilon_2$  = regangan longitudinal akibat tegangan 40%  $f'c$

Berdasarkan beberapa rumus dalam mencari nilai modulus elastisitas di atas, pada penelitian ini akan digunakan pendekatan dengan menggunakan rumus modulus elastisitas chord berdasarkan ASTM C469-02.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas pada beton seperti hal-hal berikut :

1. Kelembaban

Beton dengan kandungan air yang lebih tinggi mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada beton dengan spesifikasi yang sama.

2. Agregat

Nilai modulus dan proporsi volume agregat dalam campuran mempengaruhi modulus elastisitas beton. Semakin tinggi modulus agregat dan semakin besar proporsi agregat dalam beton, semakin tinggi pula modulus elastisitas beton tersebut.

3. Umur beton

Modulus elastisitas semakin besar seiring dengan bertambahnya umur beton seperti kuat tekannya, namun modulus elastisitas bertambah lebih cepat daripada kekuatan.

4. Mix Design beton

Jenis beton memberikan nilai modulus elastisitas yang berbeda pada umur dan kekuatan yang sama.

## 2.9. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang akan dilakukan ini akan didasarkan atas beberapa penelitian yang telah dilakukan, antara lain:

1. Candra Aditya (2012), meneliti tentang pengaruh penggunaan limbah pasir onix sebagai substitusi pasir terhadap kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus paving block. Hasil pengujian kuat tekan paving block karakteristik optimal terjadi pada komposisi campuran 1PC : 6PsO dengan nilai 378,36 kg/cm<sup>2</sup>, yaitu mengalami peningkatan sebesar 64,05% dari kuat tekan paving block karakteristik komposisi 1PC : 6Ps (0% pasir *onyx*). Untuk ketahanan aus optimal terjadi pada komposisi campuran 1PC : 6PsO dengan nilai ketahanan aus sebesar 0,399 mm/menit, mengalami penurunan sebesar 4,6% dan untuk hasil pengujian penyerapan air optimal terjadi pada komposisi campuran 1PC : 3Ps : 3PsO dengan nilai penyerapan air 6,63%, mengalami penurunan 2,01% dibandingkan dengan komposisi campuran 1PC : 6Ps (0% pasir *onyx*).
2. Ikhsanudin (2011), meneliti tentang kajian kuat desak dan modulus elastisitas pada beton dengan agregat daur ulang dan serat baja limbah ban. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan total benda uji 32 buah dengan rincian 16 buah untuk uji 7 hari dan 16 buah untuk uji 28 hari, setiap umur uji terdiri dari 4

variasi kadar serat yaitu 0 %, 0,5 %, 1 %, dan 1,5 % terhadap volume beton. Penambahan serat baja dengan kadar serat 0,5 % terhadap volume beton meningkatkan kuat desak beton yaitu sebesar 20,00 % (untuk beton berumur 7 hari) dan 3,32 % (untuk beton berumur 28 hari). Penambahan serat dengan kadar 1 % dan 1,5 % terhadap volume beton menurunkan kuat desak berturut-turut yaitu 5,16 % dan 22,58 % (untuk beton berumur 7 hari) serta 11,37 % dan 17,54 % (untuk beton berumur 28 hari). Sedangkan nilai modulus elastisitas akibat penambahan serat juga membentuk suatu urutan hasil dimana beton agregat daur ulang dengan kadar serat 0,5 % adalah yang paling tinggi diikuti beton tanpa serat, serat 1 %, dan yang paling kecil adalah pada kadar serat 1,5 %.

3. Winda Gusanti (2014), meneliti tentang tinjauan kuat tekan dan modulus elastisitas beton dengan menggunakan limbah batu candi sebagai pengganti agregat kasar. Nilai kuat tekan pada beton mengalami penurunan sebanding dengan penambahan kadar batu candi terhadap agregat kasar. Nilai kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 36,768 MPa (batu candi 0%); 31,300 MPa (batu candi 20%); 28,283 MPa (batu candi 40%); 27,152 MPa (batu candi 60%); 25,266 MPa (batu candi 80%); dan 24,135 MPa (batu candi 100%). Nilai modulus elastisitas pada beton juga mengalami penurunan sebanding dengan penambahan kadar batu candi. Nilai modulus elastisitas rata – rata adalah 22818,000 MPa (batu candi 0%), 18832,333 MPa (batu candi 20%), 16462,333 MPa (batu candi 40%), 15870,667 MPa (batu candi 60%), 15098,000 MPa (batu candi 80%), dan 13933,333 MPa (batu candi 100%). Beton yang memenuhi syarat mutu yang ditargetkan adalah kadar batu candi maksimum 80% dengan kuat tekan rata – rata 25,266 MPa.
4. Hanifi Binici (2008), meneliti tentang daya tahan beton yang dibuat dengan granit dan marmer sebagai agregat daur ulang. Dalam penelitian ini, efek dari marmer dan granit sebagai agregat limbah pada sifat beton diselidiki dan dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan nilai kerosotan yang sama, spesimen dibuat dengan granit dan GBFS (*Granulated Blast Furnace Slag Cement*) memerlukan *plasticizer* lebih jika dibandingkan dengan spesimen yang terbuat dari granit dan pasir sungai. Penurunan baik isi udara dan nilai slump beton diamati untuk semua spesimen yang termasuk GBFS. Oleh karena itu, penurunan kerosotan dan konten udara dapat dikaitkan dengan aktivitas GBFS. Kekuatan dan ketahanan abrasi tekan beton sangat dipengaruhi oleh marmer, granit dan GBFS. Abrasi minimal rata-rata diperoleh untuk beton marmer, sementara tingkat abrasi maksimum adalah diperoleh untuk kontrol

beton spesimen dengan GBFS dan batu kapur. Agregat marmer dan GBFS berbasis spesimen beton menunjukkan resistensi jauh lebih tinggi untuk klorida dan serangan sulfat dari yang lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan marmer dan granit ke beton mengurangi kedalaman penetrasi klorida sekitar 70%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa marmer dan granit limbah agregat dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik, *workability* dan ketahanan kimiawi dari campuran beton konvensional. Sejak marmer, granit dan GBFS merupakan limbah yang tersedia dalam jumlah besar di Turki, memungkinkan dari sudut pandang ekonomi dan lingkungan untuk menggunakan bahan-bahan ini sebagai agregat dalam produksi beton lebih tahan lama campuran.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## 2.10. Hipotesa Penelitian

Dari beberapa rujukan pustaka di atas, dapat ditarik suatu dugaan sementara mengenai penggunaan limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar, antara lain sebagai berikut:

1. Berdasarkan dari bentuk susunan lapisan pada batu *onyx* ini sendiri yang merupakan susunan lapisan yang berfoliasi dan dalam penataan agregat dengan menggunakan limbah ini tidak ditata dengan baik, melainkan campuran agregat ditempatkan pada bekisting secara acak. Sehingga apabila beton dengan campuran agregat *onyx* apabila dikenai gaya tekan yang tegak lurus dengan susunan foliasi *onyx* maka akan menyebabkan keruntuhan yang lebih mudah terjadi. Hal ini menyebabkan dugaan sementara nilai modulus elastisitas beton ini lebih rendah jika dibandingkan dengan beton normal.
2. Jika dilihat dari struktur batuan *onyx* ini sendiri, permukaan batuan ini tampak tidak memiliki rongga yang cukup besar. Sehingga apabila batu ini dipergunkan sebagai pengganti agregat kasar pada beton tidak membutuhkan air yang terlalu banyak pada campuran penyusun beton nantinya, karena jumlah air yang akan masuk ke dalam pori batuan ini kemungkinan lebih sedikit dibandingkan dengan batuan biasa pada umumnya. Berdasarkan hal tersebut diduga FAS yang dapat menghasilkan nilai modulus elastisitas maksimum untuk perencanaan beton alternatif ini adalah FAS 0,4.





## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Uraian Umum

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu variasi persentase faktor air semen (FAS) pada campuran benda uji (0,4; 0,5; 0,6) sementara variabel terikat dalam penelitian ini yaitu agregat lainnya seperti semen, pasir, pecahan batu *onyx* dan air. Sampel tiap variasi dalam penelitian ini adalah 15 benda uji dengan agregat limbah *onyx* dan 10 benda uji dengan agregat kerikil, menggunakan benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian modulus elastisitas dengan mutu beton K-200 dan diuji pada umur beton 28 hari. Seluruh pengujian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Sipil, Universitas Brawijaya. Serta waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama bulan Juli hingga Oktober 2015.

### 3.2 Benda Uji Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan bahan dasar utama yang menjadi objek penelitian yaitu batu pecah limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar, kemudian digunakan bahan umum lainnya seperti pasir, semen dan air. Batu *onyx* berasal dari wilayah Campurdarat, Tulungagung. Pasir dan kerikil yang digunakan berasal dari wilayah lokal sekitar wilayah Malang. Semen yang digunakan merupakan semen tipe PPC yaitu Semen Gresik. Air yang digunakan mempunyai pH 6,9 untuk keperluan campuran beton dan perawatan benda uji. Komposisi kimia semen dan batu *onyx* didapat dengan uji *Xrayflorescan* (XRF).



**Gambar 3.1** Limbah batuan *onyx*

**Tabel 3.1** Jumlah dan ukuran penampang benda uji modulus elastisitas dengan mengganti agregat kasar menggunakan limbah batu *onyx*

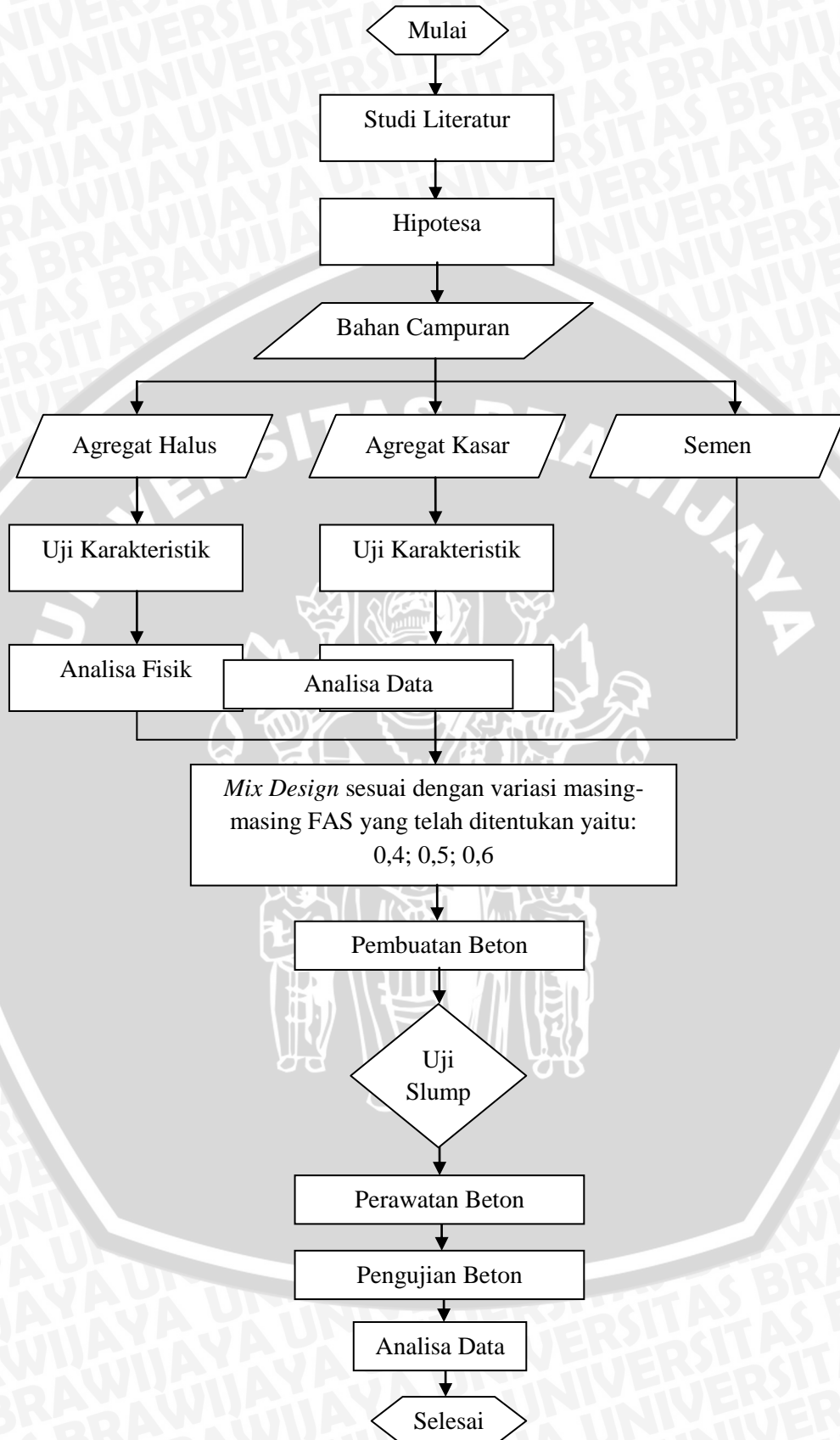
Dimensi Benda Uji	Faktor Air Semen (FAS)	Jumlah Benda Uji
300 mm x 150 mm	0,4	15 buah
	0,5	
	0,6	

**Tabel 3.2** Jumlah dan ukuran penampang benda uji modulus elastisitas dengan agregat kasar kerikil normal

Dimensi Benda Uji	Faktor Air Semen (FAS)	Jumlah Benda Uji
300 mm x 150 mm	0,4	10 buah
	0,5	
	0,6	



### 3.3 Bagan Alir Penelitian dan Pembuatan Benda Uji



**Gambar 3.2** Bagan alir penelitian

### 3.4 Alat-alat yang Digunakan

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa alat-alat yang mendukung penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% berat benda uji.
2. Satu set saringan (Saringan no.3; no.2,5; no. 2; no.1,5; no.1; no.3/4; no.1/2; no.3/8; no.4; no.8; no.16; no.30; no.50; no.100)
3. Talam
4. Ember penakar
5. *Stopwatch*
6. Kabel rol
7. *Mini mixer* dan mesinnya dengan kapasitas sebesar 350 lt
8. Cetok dan sekop.
9. Penggaris atau meteran
10. Besi penumbuk
11. Kerucut Abrams
12. Cetakan silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
13. Gerobak pengangkut
14. Loyang pengaduk
15. Mesin uji kuat tekan (*Compression Testing Machine/Compressometer*), dengan kapasitas maksimum gaya tekan hingga 5000 KN
16. Regangan dial (*extensometer*)

### 3.5 Pengujian Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus sesuai dengan SNI-03-1750-1990 yaitu analisa saringan, kadar air asli, kadar air *Saturated Surface Dry* (SSD), berat isi asli dan SSD, berat jenis asli dan SSD.

### 3.6 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian yang dilakukan sesuai SNI-03-1750-1990 yaitu analisa saringan, kadar air asli, kadar air *Saturated Surface Dry* (SSD), berat isi asli dan SSD, dan berat jenis asli dan SSD. Dalam penelitian ini seluruh agregat kasar menggunakan pecahan limbah batu *onyx* dan menggunakan benda uji pembanding dengan menggunakan agregat kasar kerikil malang.

### 3.7 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton ini melalui *mix design* dengan tata cara pembuatan beton normal sesuai dengan SNI-03-2834-2000. Setelah semua data yang diperlukan pada pemeriksaan bahan campuran diperoleh.

### 3.8 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji ini bertujuan untuk mendapatkan benda uji sesuai dengan prosedur bahan yang benar. Pada penelitian ini menggunakan bahan seperti agregat halus yang berupa pasir lokal, agregat kasar berupa pecahan limbah batu *onyx*, semen, dan air.

Penelitian ini membutuhkan benda uji sebanyak 75 benda uji yang terdiri dari 45 beton *onyx* dan 30 beton normal. Adapun cara pembuatan benda uji ini sebagai berikut:

1. Pembuatan benda uji silinder adalah sebagai berikut :Isi cetakan dengan adukan beton dalam 2 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan *vibrator* secara merata, dengan ketentuan:
  - a. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, *vibrator* tidak boleh mengenai dasar cetakan.
  - b. Pada lapisan kedua *vibrator* boleh masuk kira-kira 2,54 mm (1 inci) ke dalam lapisan di bawahnya
2. Setelah selesai melakukan pemadatan, pada sisi cetakan diketuk secara merata, sampai rongga bekas tusukan tertutup. Ratakan permukaan beton dalam cetakan selama 24 jam dan cetakan diletakkan pada tempat yang bebas dari getaran.
3. Setelah 24 jam, cetakan dilepas dan benda uji dikeluarkan secara perlahan. Kemudian benda uji direndam dalam bak perendam berisi air pada temperatur 25°C untuk pematangan (*curing*). Pematangan (*curing*) disesuaikan dengan persyaratan untuk pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan.

### 3.9 Pengujian Nilai Slump

Pengujian *slump* ini bertujuan untuk mendapatkan angka slump dan pembuatan benda uji sesuai prosedur yang benar. Bahan uji yang digunakan adalah hasil adukan dari campuran agregat dengan semen. Pelaksanaan pengujian ini berdasarkan pada prosedur berikut:

1. Membasahi cetakan (kerucut *abrams*) dan pelat.
2. Cetakan diletakkan di atas pelat dengan kokoh.

3. Cetakan diisi sampai penuh dengan campuran beton segar dalam 2 lapis. Tiap lapis berisi kira-kira 1/2 isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan menggunakan *vibrator* hingga merata. *Vibrator* harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.
4. Setelah selesai penusukan, permukaan benda uji diratakan dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat perlahan tegak lurus ke atas. Seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan harus selesai dalam jangka waktu 25 menit.
5. Cetakan diangkat dan cetakan diletakkan perlahan-lahan disamping benda uji. Kemudian diukur *slump* yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

### 3.10 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam beton pada bak air selama umur rencana. Perawatan ini bertujuan agar retak-retak pada permukaan beton dapat diminimalisir sehingga dapat dicapai mutu beton yang diinginkan, karena proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan sempurna dengan bantuan proses perendaman ini. Langkah perendaman yang dilakukan sebagai berikut:

1. Setelah 24 jam maka cetakan beton silinder dibuka, lalu dilakukan perendaman terhadap sampel beton tersebut.
2. Masing-masing beton diberi tanda sebagai pembeda antar benda uji lainnya.
3. Perendaman dilakukan sampai umur beton 28 hari.

### 3.11 Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Pengujian ini menggunakan mesin uji kuat tekan (*Compression Testing Machine/Compressometer*) dan alat ukur regangan dial (*extensometer*). Pengujian ini bertujuan untuk mengamati besarnya perubahan panjang (regangan) silinder beton akibat pembebanan serta besarnya beban (P) pada saat beton mulai retak. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 45 buah dengan berbagai variasi faktor air semen yang berbeda, yaitu 0,4; 0,5; 0,6. Tatacara pengujian ini sebagai berikut:

1. Menimbang berat, tinggi dan diameter benda uji.
2. Pada benda uji yang permukaannya tidak rata diberi *capping*.

3. Memasang alat *Compressometer* pada posisi nol kemudian meletakkan benda uji pada mesin uji kuat tekan.
4. Pengujian dilakukan dengan beban pada kecepatan yang konstan dan beban bertambah secara kontinyu.
5. Untuk pengambilan data, dengan cara mencatat besar perpendekan untuk setiap penambahan beban sebesar 5 kN yang dapat dibaca dari *dial gauge* yang berada diantara kedua *extensometer* hingga mencapai nilai  $p_{maks}$ .
6. Dial diletakkan pada sisi atas dan bawah benda uji.
7. Menghitung tegangan ( $\sigma$ ) dengan rumus

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

dengan :

P = Kuat tekan maksimum.

A = Luasan permukaan benda uji.

8. Menghitung regangan ( $\epsilon$ ) dengan rumus

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (3.2)$$

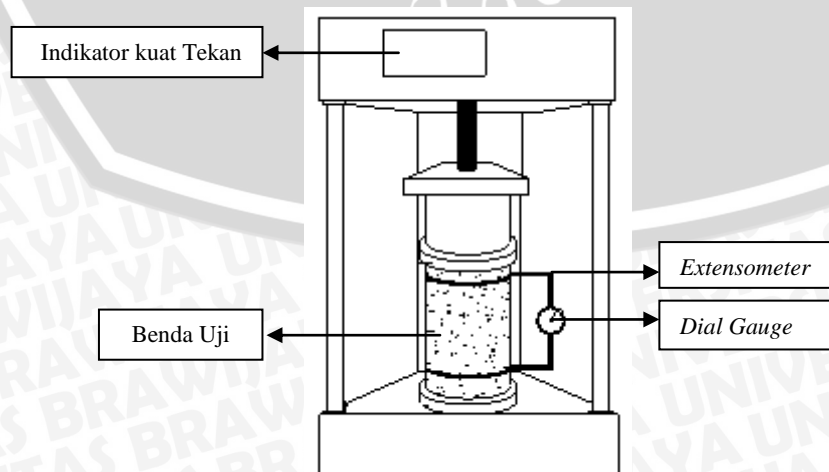
dengan :

$\Delta l$  = perpendekan arah longitudinal.

l = tinggi beton relatif ( jarak antara dua *extensometer* ).

9. Hasil dari perhitungan tegangan dan regangan dimasukkan pada tabel dan grafik. Kemudian dihitung nilai modulus elastisitas dari perbandingan antara tegangan dan regangan sesuai dengan rumus pada ASTM C469. Yaitu perhitungan modulus elastisitas chord ( $E_c$ ) dengan rumus:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \text{ (MPa)} \quad (3.3)$$



**Gambar 3.3** Skema pengujian modulus elastisitas



### 3.12 Analisa Penelitian

Setelah pengujian selesai dan didapatkan hasil pengujian, maka diperlukan analisa lanjut berdasarkan nilai modulus elastisitas masing masing varian benda uji. Dari P tiap 5 KN dan regangan yang didapat dari pengujian dapat ditentukan modulus elastisitas beton menggunakan persamaan (3.3) maka didapatkan besar modulus elastisitas yang terjadi pada masing-masing benda uji.

Metode analisa varian digunakan untuk mengetahui apakah ada atau tidak ada pengaruh yang terjadi terhadap modulus elastisitas benda uji antara limbah batu *onyx* yang digunakan sebagai pengganti batu pecah dan benda uji yang menggunakan batu pecah dengan perubahan variasi FAS tiap masing masing campuran benda uji.

Dari analisa varian maka didapatkan rumus secara statistik sebagai berikut:

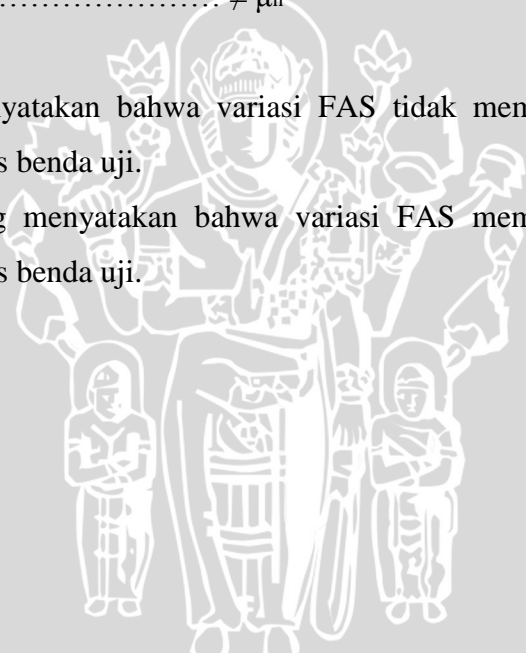
$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$$

Dengan,

$H_0$  = Hipotesa nol yang menyatakan bahwa variasi FAS tidak mempunyai pengaruh terhadap modulus elastisitas benda uji.

$H_1$  = Hipotesa alternatif yang menyatakan bahwa variasi FAS mempunyai pengaruh terhadap modulus elastisitas benda uji.



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian Agregat

##### 4.1.1 Semen

Semen yang digunakan adalah Semen Gresik tipe PPC. Semen ini pada umumnya digunakan untuk bangunan. Untuk bahan semen tidak dilakukan pengujian khusus.

##### 4.1.2 Air

Air yang digunakan adalah air bersih dari PDAM Kota Malang yang tersedia di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Air digunakan untuk proses pencampuran beton dan perawatan beton setelah pengecoran.

##### 4.1.3 Pengujian agregat halus

Pengujian agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian analisa gradasi, *specific gravity*, kadar air, dan berat isi. Hasil pengujian pasir adalah sebagai berikut:

#### 1. Analisa Gradasi

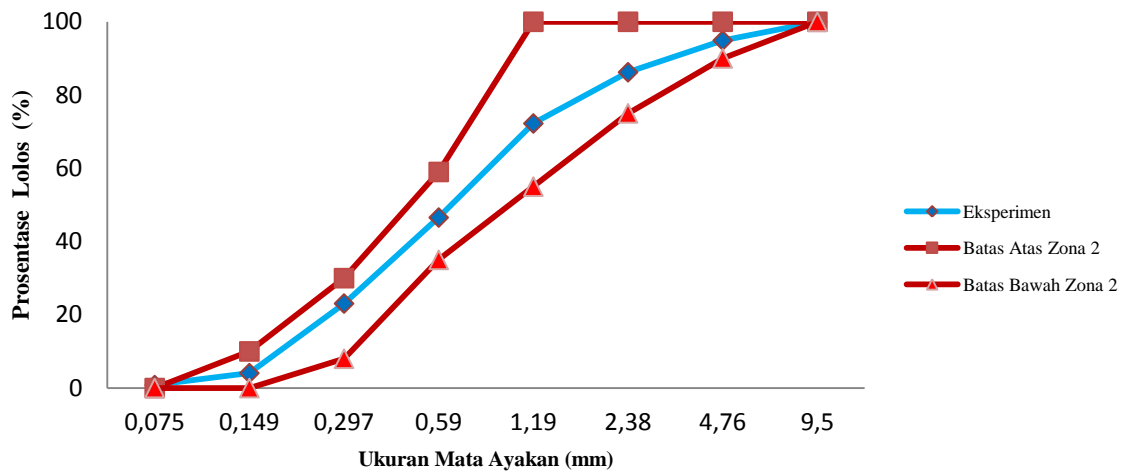
**Tabel 4.1** Gradasi agregat halus

Lubang Saringan		Pasir Tertinggal		%Kumulatif	
No.	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3/8"	9,5	-	-	-	100
4	4,76	50,6	5,104	5,104	94,896
8	2,38	86	8,675	13,778	86,222
16	1,19	138,6	13,980	27,759	72,241
30	0,59	254,6	25,681	53,440	46,560
50	0,297	232,8	23,482	76,922	23,078
100	0,149	188,4	19,003	95,925	4,075
200	0,075	32,4	3,268	99,193	0,807
Pan		8	0,807	100	0,000
Σ =		991,4	100	472,120	



$$\begin{aligned} \text{Modulus halus pasir} &= \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no 4 sampai no 100}}{100} \\ &= \frac{272,927}{100} \\ &= 2,73 \end{aligned}$$

Didapatkan hasil dari pengujian gradasi yang telah dilakukan, pasir yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam zona 2.



**Gambar 4.1.** Grafik lengkung agregat halus zona 2 (SNI-03-2834-2000)

Berdasarkan Gambar 4.1 di atas dapat dilihat bahwa pasir tersebut berada di dalam gradasi yang diizinkan. Sehingga pasir tersebut memenuhi syarat sebagai bahan campuran adukan beton.

## 2. Spesific grafity

Berat Pasir SSD (a) = 500 gr

Berat pasir kering oven (b) = 496,9 gr

Berat volumetric + air (c) = 665,9 gr

Berat volumetric + air + pasir (d) = 977,1 gr

Perhitungan *bulk spesific grafity*, *bulk spesific grafity SSD*, *apparent spesific grafity*, dan *absorbsion* pada persamaan berikut:

$$\text{bulk spesific grafity} = \frac{b}{c+500-d} = \frac{496,9}{665,9+500-977,1} = 2,632$$

$$\text{bulk spesific grafity SSD} = \frac{500}{c+500-d} = \frac{500}{665,9+500-977,1} = 2,648$$

$$\text{apparent spesific grafity} = \frac{b}{c+b-d} = \frac{496,9}{665,9+496,9-977,1} = 2,676$$

$$\text{absorbsion} = \frac{500-b}{b} \times 100\% = \frac{500-496,9}{496,9} \times 100\% = 0,62$$

Menurut ASTM C.128-79 syarat Bulk *Specific Gravity SSD* antara 2,5 – 2,7, maka pasir sampel memenuhi syarat dan layak digunakan sebagai agregat halus beton.

## 3. Kadar air

**Tabel 4.2** Perhitungan kadar air agregat halus

Nomor Contoh	Keterangan	1	
		A	B
1	berat talam + contoh basah	(gr) 55,8	57,7
2	berat talam + contoh kering	(gr) 54,4	56,2
3	berat air = (1) - (2)	(gr) 0,4	1,5
4	berat talam	(gr) 5,2	5,2
5	berat contoh kering = (2) - (4)	(gr) 49,2	51
6	kadar air = (3) / (5)	(gr) 0,00813	0,02941
7	kadar air rata - rata	(%) 0,01877	

Kadar air relatif cukup untuk perencanaan campuran beton, menurut spesifikasi PBI, kadar air pasir sebesar 0,019% memenuhi syarat untuk digunakan sebagai perencanaan campuran (*mix design*) karena kurang dari 5%.

## 4. Berat Isi

**Tabel 4.3** Perhitungan berat isi agregat halus

No	Keterangan	Satuan	Berat	
1	Berat Takaran	(gr)	1620	1620
2	Berat takaran + air	(gr)	4760	4760
3	Berat Air = (2) - (1)	(gr)	3140	3140
4	Volume Air = (3) / (1)	(gr)	3140	3140
Perlakuan			RODDED	SHOLVELED
5	Berat Takaran	(gr)	1620	1620
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	6400	5920
7	Berat benda uji = (6) - (5)	(gr)	4780	4300
8	Berat isi agregat halus = (7) / (4)	(gr/cc)	1,52229	1,36943
9	Berat isi agregat halus rata - rata	(gr/cc)	<b>1,44586</b>	

Berdasarkan pengujian berat isi yang dilakukan diperoleh berat isi untuk pasir yang digunakan apabila menggunakan cara *rodded* sebesar 1,52229 gr/cc (1522,29 kg/m<sup>3</sup>) dan apabila menggunakan cara *shovelled* sebesar 1,36943 gr/cc (1369,43 kg/m<sup>3</sup>). Pemeriksaan berat isi dengan cara *shovelled* lebih cocok digunakan di lapangan.



#### 4.1.4 Pengujian agregat kasar

Pengujian agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian analisa gradasi, *specific gravity*, kadar air, dan berat isi. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kerikil untuk beton normal dan limbah batu *onyx* sebagai bahan beton penelitian. Hasil pengujian batu *onyx* adalah sebagai berikut:

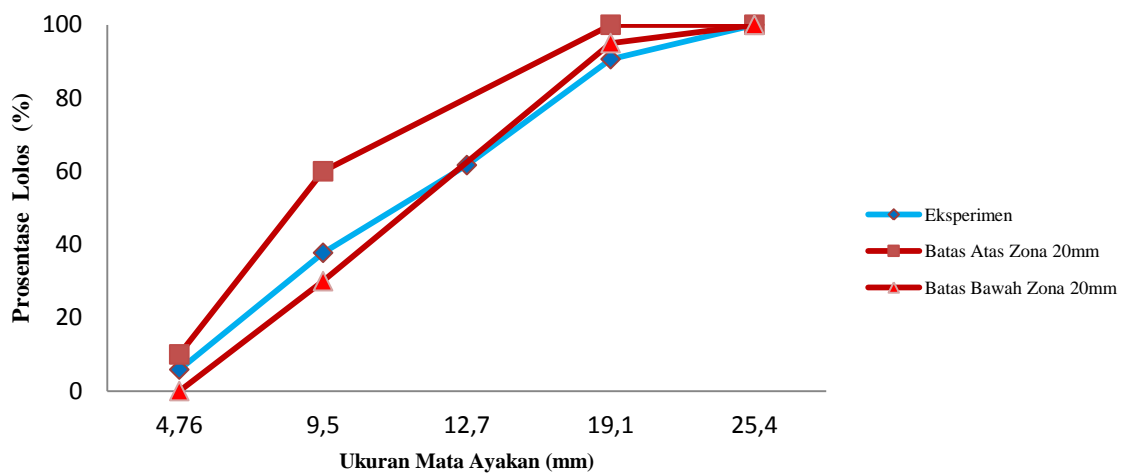
##### 1. Analisa Gradasi

**Tabel 4.4** Gradasi agregat limbah batu *onyx*

Lubang Saringan		Onyx			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	kg	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2				
2 <sub>1/2</sub> "	63,5				
2"	50,8				
1 <sub>1/2</sub> "	38,1	0	0	0	100
1"	25,4	0	0,000	0,000	100,000
3/4"	19,1	129,92	9,390	9,390	90,610
1/2"	12,7	400,26	28,929	38,319	61,681
3/8"	9,5	331,21	23,938	62,257	37,743
4	4,76	441,07	31,878	94,136	5,864
8	2,38	0	0	100	0
16	1,19	0	0	100	0
30	0,59	0	0	100	0
50	0,297	0	0	100	0
100	0,149	0	0	100	0
Pan		81,14	5,864	100	0
Σ =		1383,6	100	804,102	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halus } onyx &= \frac{\sum \% \text{ yang tertahan ayakan } 0,75"; 0,375"; 4; 8; 16; 30; 50; 100}{100} \\
 &= \frac{665,783}{100} \\
 &= 6,66
 \end{aligned}$$

Didapatkan hasil dari pengujian gradasi yang telah dilakukan, *onyx* yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam zona maksimal agregat ukuran 20mm.



**Gambar 4.2** Grafik lengkung agregat batu *onyx* zona maksimal agregat ukuran 20mm (SNI-03-2834-2000)

Berdasarkan Gambar 4.2 di atas dapat dilihat bahwa *onyx* tersebut berada di dalam gradasi yang diizinkan. Sehingga agregat tersebut memenuhi syarat sebagai bahan campuran adukan beton.

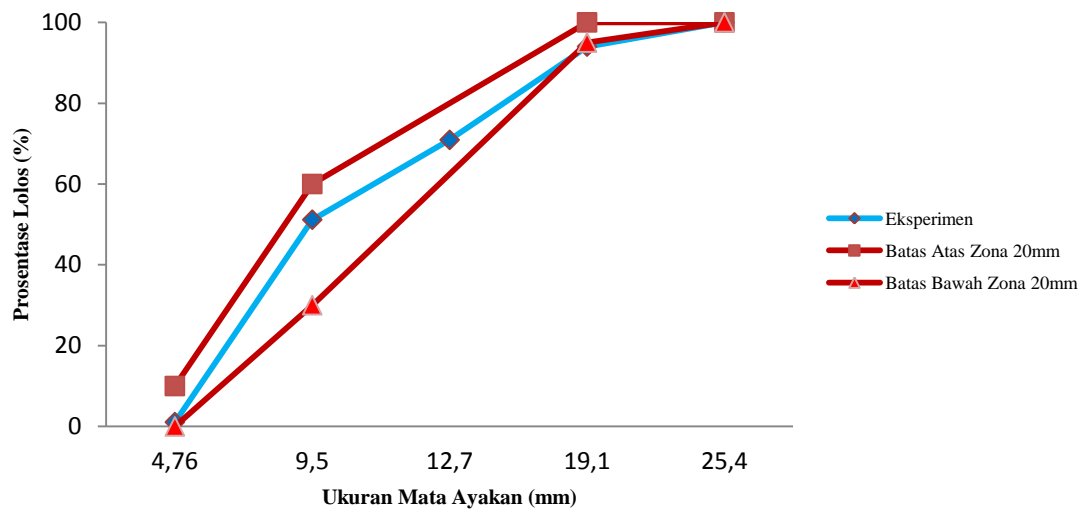
**Tabel 4.5** Gradasi agregat batu kerikil

Lubang Saringan		Kerikil			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	kg	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2				
2,5"	63,5				
2"	50,8				
1,5"	38,1	0	0	0	100
1"	25,4	0	0,000	0,000	100,000
0,75"	19,1	0,599	5,997	5,997	94,003
0,5"	12,7	2,306	23,085	29,082	70,918
0,375"	9,5	1,973	19,752	48,834	51,166
4	4,76	5,004	50,095	98,929	1,071
8	2,38	0	0	100	0
16	1,19	0	0	100	0
30	0,59	0	0	100	0
50	0,297	0	0	100	0
100	0,149	0	0	100	0
Pan		0,107	1,071	100	0
Σ =		9,989	100	782,841	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halus Kerikil} &= \frac{\sum \% \text{ yang tertahan ayakan } 0,75"; 0,375"; 4; 8; 16; 30; 50; 100}{100} \\
 &= \frac{653,759}{100} \\
 &= 6,54
 \end{aligned}$$



Didapatkan hasil dari pengujian gradasi yang telah dilakukan, kerikil yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam zona maksimal agregat ukuran 20mm.



**Gambar 4.3** Grafik lengkung agregat kerikil zona maksimal agregat ukuran 20mm (SNI-03-2834-2000)

Berdasarkan Gambar 4.3 di atas dapat dilihat bahwa batu kerikil yang digunakan tersebut berada di dalam gradasi yang diizinkan. Sehingga agregat tersebut memenuhi syarat sebagai bahan campuran adukan beton.

2. *Spesific grafity*

$$\text{Berat onyx SSD (a)} = 1062,6 \text{ gr}$$

$$\text{Berat onyx kering oven (b)} = 1053,5 \text{ gr}$$

$$\text{Berat onyx dalam air (c)} = 658,8 \text{ gr}$$

Perhitungan *bulk spesific grafity*, *bulk spesific grafity SSD*, *apparent spesific grafity*, dan *absorbsion* pada persamaan berikut:

$$\text{bulk spesific grafity} = \frac{b}{a-c} = \frac{1053,5}{1062,6-658,8} = 2,609$$

$$\text{bulk spesific grafity SSD} = \frac{a}{a-c} = \frac{1062,6}{1062,6-658,8} = 2,632$$

$$\text{apparent spesific grafity} = \frac{b}{b-c} = \frac{1053,5}{1053,5-658,8} = 2,669$$

$$\text{absorbsion} = \frac{a-b}{b} \times 100\% = \frac{1062,6-1053,5}{1053,5} \times 100\% = 0,86$$

berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui besar penyerapan agregat onyx ini sebesar 0,86 %.

$$\text{Berat kerikil SSD (a)} = 1254,6 \text{ gr}$$

$$\text{Berat kerikil kering oven (b)} = 1240,1 \text{ gr}$$

$$\text{Berat kerikil dalam air (c)} = 770,4 \text{ gr}$$

Perhitungan *bulk spesific grafity*, *bulk spesific grafity SSD*, *apparent spesific grafity*, dan *absorbsion* pada persamaan berikut:

$$\text{bulk spesific grafity} = \frac{b}{a-c} = \frac{1240,1}{1254,6-770,4} = 2,561$$

$$\text{bulk spesific grafity SSD} = \frac{a}{a-c} = \frac{1254,6}{1254,6-770,4} = 2,591$$

$$\text{apparent spesific grafity} = \frac{b}{b-c} = \frac{1240,1}{1240,1-770,4} = 2,640$$

$$\text{absorbsion} = \frac{a-b}{b} \times 100\% = \frac{1254,6-1240,1}{1240,1} \times 100\% = 1,16926$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui besar penyerapan agregat kerikil ini sebesar 1,16926 %.

## 3. Kadar air

**Tabel 4.6** Perhitungan kadar air agregat limbah batu *onyx*

Nomor Contoh	Keterangan		1	
			A	B
1	berat talam + contoh basah	(gr)	58,2	88
2	berat talam + contoh kering	(gr)	57,7	87,3
3	berat air = (1) - (2)	(gr)	0,5	0,7
4	berat talam	(gr)	5,2	5
5	berat contoh kering = (2) - (4)	(gr)	52,5	82,3
6	kadar air = (3) / (5)	(gr)	0,00952	0,00851
7	kadar air rata - rata	(%)	0,00901	

Kadar air relatif cukup untuk perencanaan campuran beton, menurut spesifikasi PBI, kadar air agregat *onyx* sebesar 0,009% memenuhi syarat untuk digunakan sebagai perencanaan campuran (*mix design*) karena kurang dari 5%.

**Tabel 4.7** Perhitungan Kadar Air Agregat Kerikil

Nomor Contoh	Keterangan		1				
			A	B	C	D	E
1	berat talam + contoh basah	(gr)	91,4	63,9	78,5	88,4	85,4
2	berat talam + contoh kering	(gr)	88,1	61,2	77,6	87,4	81,3
3	berat air = (1) - (2)	(gr)	3,3	2,7	0,9	1	4,1
4	berat talam	(gr)	5,2	5,2	5,1	5,1	5,2
5	berat contoh kering = (2) - (4)	(gr)	82,9	56	72,5	82,3	76,1
6	kadar air = (3) / (5)	(gr)	0,0398	0,0482	0,01241	0,01215	0,05388
7	kadar air rata - rata	(%)	0,04401				

Kadar air relatif cukup untuk perencanaan campuran beton, menurut spesifikasi PBI, kadar air kerikil sebesar 0,04401% memenuhi syarat untuk digunakan sebagai perencanaan campuran (*mix design*) karena kurang dari 5%.

## 4. Berat Isi

**Tabel 4.8** Perhitungan berat Isi agregat limbah batu *onyx*

No	Keterangan	Satuan	Berat	
1	Berat Takaran	(gr)	1640	1640
2	Berat takaran + air	(gr)	4780	4780
3	Berat Air = (2) - (1)	(gr)	3140	3140
4	Volume Air = (3) / (1)	(gr)	3140	3140
Perlakuan			RODDED	SHOVELED
5	Berat Takaran	(gr)	1640	1640
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	6640	6300
7	Berat benda uji = (6) - (5)	(gr)	5000	4660
8	Berat isi agregat kasar = (7) / (4)	(gr/cc)	1,59236	1,48408
9	Berat isi agregat kasar rata - rata	(gr/cc)	1,53822	

Berdasarkan pengujian berat isi yang dilakukan diperoleh berat isi untuk *onyx* yang digunakan apabila menggunakan cara *rodded* sebesar 1,59236 gr/cc (1592,36 kg/m<sup>3</sup>) dan apabila menggunakan cara *shovelled* sebesar 1,48408 gr/cc (1484,08 kg/m<sup>3</sup>). Pemeriksaan berat isi dengan cara *shovelled* lebih cocok digunakan di lapangan.

**Tabel 4.9** Perhitungan berat isi agregat kerikil

No	Keterangan	Satuan	Berat	
1	Berat Takaran	(gr)	1640	1640
2	Berat takaran + air	(gr)	4800	4800
3	Berat Air = (2) - (1)	(gr)	3160	3160
4	Volume Air = (3) / (1)	(gr)	3160	3160
Perlakuan			RODDED	SHOVELED
5	Berat Takaran	(gr)	1640	1640
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	6140	5780
7	Berat benda uji = (6) - (5)	(gr)	4500	4140
8	Berat isi agregat kasar = (7) / (4)	(gr/cc)	1,42405	1,31013
9	Berat isi agregat kasar rata - rata	(gr/cc)	1,36709	

Berdasarkan pengujian berat isi yang dilakukan diperoleh berat isi untuk *onyx* yang digunakan apabila menggunakan cara *rodded* sebesar 1,42405 gr/cc (1424,05 kg/m<sup>3</sup>) dan apabila menggunakan cara *shovelled* sebesar 1,31013 gr/cc (1310,13 kg/m<sup>3</sup>). Pemeriksaan berat isi dengan cara *shovelled* lebih cocok digunakan di lapangan.

## 4.2 Perancangan Campuran Adukan Beton

Perancangan campuran beton pada penelitian ini menggunakan *mix design* dengan tata cara pembuatan beton normal sesuai dengan SNI-03-2834-2000 sebagai dasar perhitungan rancang campur adukan beton. Setelah semua data yang diperlukan pada pemeriksaan bahan campuran diperoleh. Penggunaan agregat kasar dengan limbah batuan *onyx* sebagai pengganti agregat kasar yang pada umumnya menggunakan kerikil serta untuk beton normal menggunakan agregat kerikil yang berupa batu sungai. Pada perancangan ini ditaksir nilai mutu beton yang digunakan adalah mutu beton K200 atau setara dengan  $f'c$  sebesar 16,66 MPa. Tahap-tahap perhitungan campuran adukan beton secara lengkap dapat dilihat pada lampiran dan hasil perhitungan untuk proporsi satu benda uji dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.10** Rekap kebutuhan bahan hasil *mix design* beton *onyx*

Variasi (FAS)	Kebutuhan Bahan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	<i>Onyx</i> (kg)	Air (lt)
0,4	2,98	3,25	5,05	1,17
0,5	2,39	3,71	5,19	1,17
0,6	1,99	4,06	5,24	1,17

**Tabel 4.11** Rekap kebutuhan bahan hasil *mix design* beton normal

Variasi (FAS)	Kebutuhan Bahan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (lt)
0,4	2,98	3,19	4,97	1,16
0,5	2,39	3,64	5,12	1,16
0,6	1,99	3,99	5,16	1,16

## 4.3 Pengujian Nilai *Slump*

Pada penelitian ini untuk menguji workabilitas adukan beton digunakan pengujian *slump*. Pengujian dilakukan pada tiap-tiap campuran adukan beton sesuai dengan variasi FAS yang sudah ditentukan yaitu 0,4; 0,5; dan 0,6. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.12** Hasil uji *slump*

FAS	Beton <i>Onyx</i> (cm)	Beton Normal (cm)
0,4	18	17,7
0,5	17,5	16,5
0,6	16,4	16,2

Syarat nilai *slump* dari perencanaan *mix design* pembuatan beton ditentukan antara 16-18 cm, sehingga nilai *slump* dapat digunakan.

#### 4.4 Pengujian Berat Benda Uji Silinder

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis agregat kasar pada beton dengan benda uji silinder. Agregat kasar yang digunakan yaitu kerikil normal berupa pecahan batu sungai dan limbah batuan *onyx*. Agregat limbah batu *onyx* memiliki karakteristik cukup tampak berbeda dibandingkan dengan kerikil normal, yaitu rongga pada permukaan *onyx* lebih rapat dibandingkan dengan kerikil normal yang memiliki rongga lebih besar. Hal ini menyebabkan tingkat penyerapan air pada kedua agregat ini berbeda. Penyerapan air tersebut dapat mempengaruhi berat benda uji yang akan digunakan pada eksperimen ini. Selain itu berdasarkan pengujian berat isi pada masing-masing agregat juga mempengaruhi berat benda uji. Berat benda uji dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 4.13** Rekap berat benda uji

No	Beton <i>Onyx</i>			Beton Normal		
	Berat (kg)			Berat (kg)		
	FAS 0,4	FAS 0,5	FAS 0,6	FAS 0,4	FAS 0,5	FAS 0,6
1	13,05	12,15	12,2	11,95	12,15	11,65
2	12,8	12,3	12,3	12,1	12,1	11,3
3	13	12,25	12,3	12	12,15	11,45
4	12,8	12,25	12,45	11,65	12	11,6
5	12,85	12,25	12,25	12,05	12	11,6
6	12,7	12,2	12,35	11,7	11,75	11,5
7	12,55	12,3	12,35	12,2	11,95	11,7
8	12,85	12,55	12,35	11,95	11,9	11,2
9	12,85	12,45	12,35	12,35	11,7	11,4
10	13,15	12,6	12,5	12,15	11,85	11,75
11	12,9	12,3	12,6	-	-	-
12	12,65	12,25	12,7	-	-	-
13	13,05	12,4	12,5	-	-	-
14	13,15	12,4	12,3	-	-	-
15	13,1	12,1	12,75	-	-	-
<b>Rata-Rata</b>	12,90	12,32	12,42	12,01	11,96	11,52

#### 4.5 Pengujian Modulus Elastisitas

Data yang diambil dari seluruh benda uji dilakukan dengan mesin pengujian tekan dan alat pengukur regangan, pengambilan data tegangan dan regangan dicatat pada setiap penambahan beban dengan laju pembebanan yang konstan dan pengujian dilakukan pada benda uji silinder beton umur 28 hari.

Kurva tegangan-regangan diperoleh dengan memplotkan data-data tegangan setiap kenaikan 5 KN beban aksial dengan regangan yang terjadi pada setiap variasi FAS. Data tersebut dapat dilihat pada lampiran, dengan menggunakan analisis *regresi polinomial* orde 2 pada *microsoft excel*, didapatkan grafik tegangan-regangan dan persamaan regresi koefisien polinomial.

Hasil Pengujian modulus elastisitas yang di dapat berdasarkan penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu modulus elastisitas pada beton *onyx* dan modulus elastisitas pada beton normal, berikut salah satu contoh perhitungan modulus elastisitas pada penelitian ini:

**Tabel 4.14** Data hasil pengujian benda uji 1 pada FAS 0,4 untuk beton *onyx*

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0	0	115	60	0,000300	6,38
5	3	0,000015	0,28	120	62	0,000310	6,66
10	5	0,000025	0,55	125	65	0,000325	6,94
15	8	0,000040	0,83	130	67	0,000335	7,21
20	10	0,000050	1,11	135	70	0,000350	7,49
25	13	0,000065	1,39	140	73	0,000365	7,77
30	16	0,000080	1,66	145	76	0,000380	8,05
35	18	0,000090	1,94	150	78	0,000390	8,32
40	21	0,000105	2,22	155	81	0,000405	8,60
45	23	0,000115	2,50	160	84	0,000420	8,88
50	26	0,000130	2,77	165	87	0,000435	9,16
55	28	0,000140	3,05	170	90	0,000450	9,43
60	31	0,000155	3,33	175	92	0,000460	9,71
65	33	0,000165	3,61	180	95	0,000475	9,99
70	36	0,000180	3,88	185	97	0,000485	10,27
75	38	0,000190	4,16	190	98	0,000490	10,54
80	41	0,000205	4,44	195	102	0,000510	10,82
85	43	0,000215	4,72	200	104	0,000520	11,10
90	46	0,000230	4,99	205	106	0,000530	11,38
95	49	0,000245	5,27	210	109	0,000545	11,65
100	51	0,000255	5,55	215	112	0,000560	11,93
105	54	0,000270	5,83	220	119	0,000595	12,21
110	57	0,000285	6,10	225	122	0,000610	12,49

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
230	125	0,000625	12,76	440	337	0,001685	24,42
235	128	0,000640	13,04	445	346	0,001730	24,69
240	131	0,000655	13,32	450	355	0,001775	24,97
245	133	0,000665	13,60	455	362	0,001810	25,25
250	138	0,000690	13,87	460	371	0,001855	25,53
255	141	0,000705	14,15	465	381	0,001905	25,80
260	143	0,000715	14,43	470	393	0,001965	26,08
265	146	0,000730	14,71	475	407	0,002035	26,36
270	149	0,000745	14,98	480	421	0,002105	26,64
275	152	0,000760	15,26	485	436	0,002180	26,91
280	157	0,000785	15,54	490	452	0,002260	27,19
285	159	0,000795	15,81	495	458	0,002290	27,47
290	162	0,000810	16,09	500	464	0,002320	27,75
295	165	0,000825	16,37	505	475	0,002375	28,02
300	168	0,000840	16,65	510	513	0,002565	28,30
305	172	0,000860	16,92	514	-	-	28,52
310	175	0,000875	17,20				
315	177	0,000885	17,48				
320	182	0,000910	17,76				
325	185	0,000925	18,03				
330	190	0,000950	18,31				
335	193	0,000965	18,59				
340	195	0,000975	18,87				
345	198	0,000990	19,14				
350	201	0,001005	19,42				
355	204	0,001020	19,70				
360	208	0,001040	19,98				
365	213	0,001065	20,25				
370	216	0,001080	20,53				
375	222	0,001110	20,81				
380	224	0,001120	21,09				
385	229	0,001145	21,36				
390	234	0,001170	21,64				
395	239	0,001195	21,92				
400	243	0,001215	22,20				
405	251	0,001255	22,47				
410	260	0,001300	22,75				
410	260	0,001300	22,75				
415	269	0,001345	23,03				
420	290	0,001450	23,31				
425	295	0,001475	23,58				
430	325	0,001625	23,86				
435	330	0,001650	24,14				



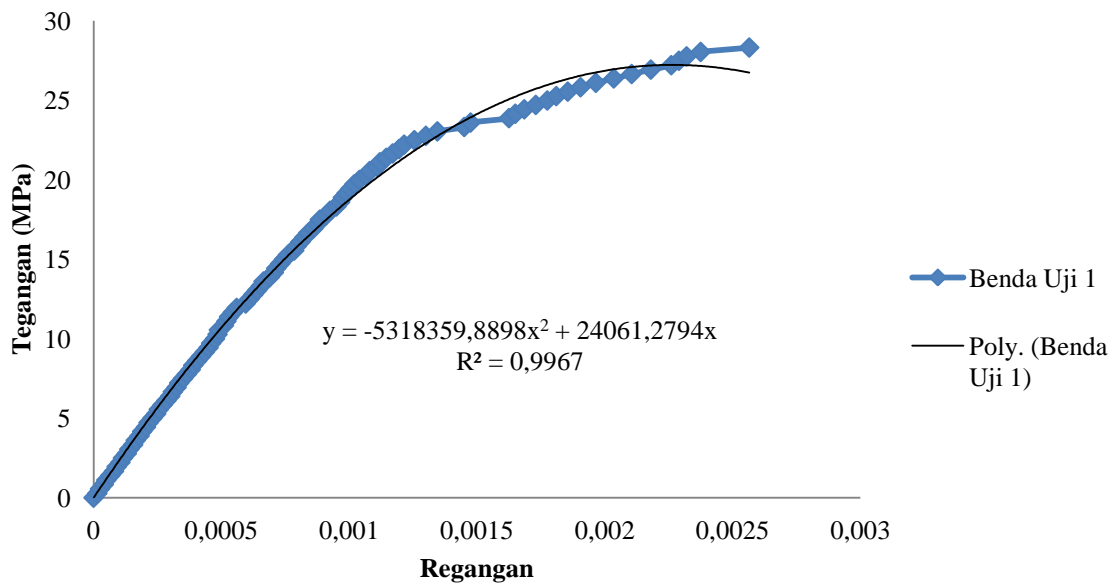
Detail perhitungan:

$$f'c = \frac{P}{A} = \frac{514 \times 100}{\frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 15^2} = 290 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 28,52 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L} = \frac{513 \times 10^{-3}}{200} = 0,002565$$

$$S_2 = 0,4 \times f'c = 0,4 \times 28,52 = 11,409 \text{ MPa}$$

Adapun grafik hubungan tegangan-regangan untuk contoh tersebut adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.4** Grafik hubungan tegangan dan regangan pada benda uji 1

Persamaan regresi tegangan-regangan untuk sampel beton *onyx* dengan FAS 0,4 pada umur 28 hari yaitu:

$$y = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x$$

Sehingga dapat dicari nilai  $x_1$  dan  $x_2$  dengan memasukkan nilai  $y = S_2 = 11,409 \text{ MPa}$

$$y = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x$$

$$11,409 = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x$$

$$0 = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x - 11,409$$

Dari persamaan diatas dicari nilai akar-akarnya didapat :

$$x_1 = 0,00399 \qquad x_2 = \varepsilon_2 = 0,00054$$

perhitungan nilai  $S_1$  dengan nilai  $x = \varepsilon_1 = 0,00005$

$$y = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x$$

$$S_1 = -5318359,8898 x 0,00005^2 + 24061,2794 x 0,00005$$

$$S_1 = 1,19 \text{ MPa}$$

Perhitungan nilai modulus elastisitas chord ( $E_c$ ):

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = \frac{11,409 - 1,19}{0,00054 - 0,00005} = 20933,12 \text{ MPa}$$

Perhitungan di atas berlaku bagi keseluruhan langkah-langkah dalam menghitung nilai modulus elastisitas beton.

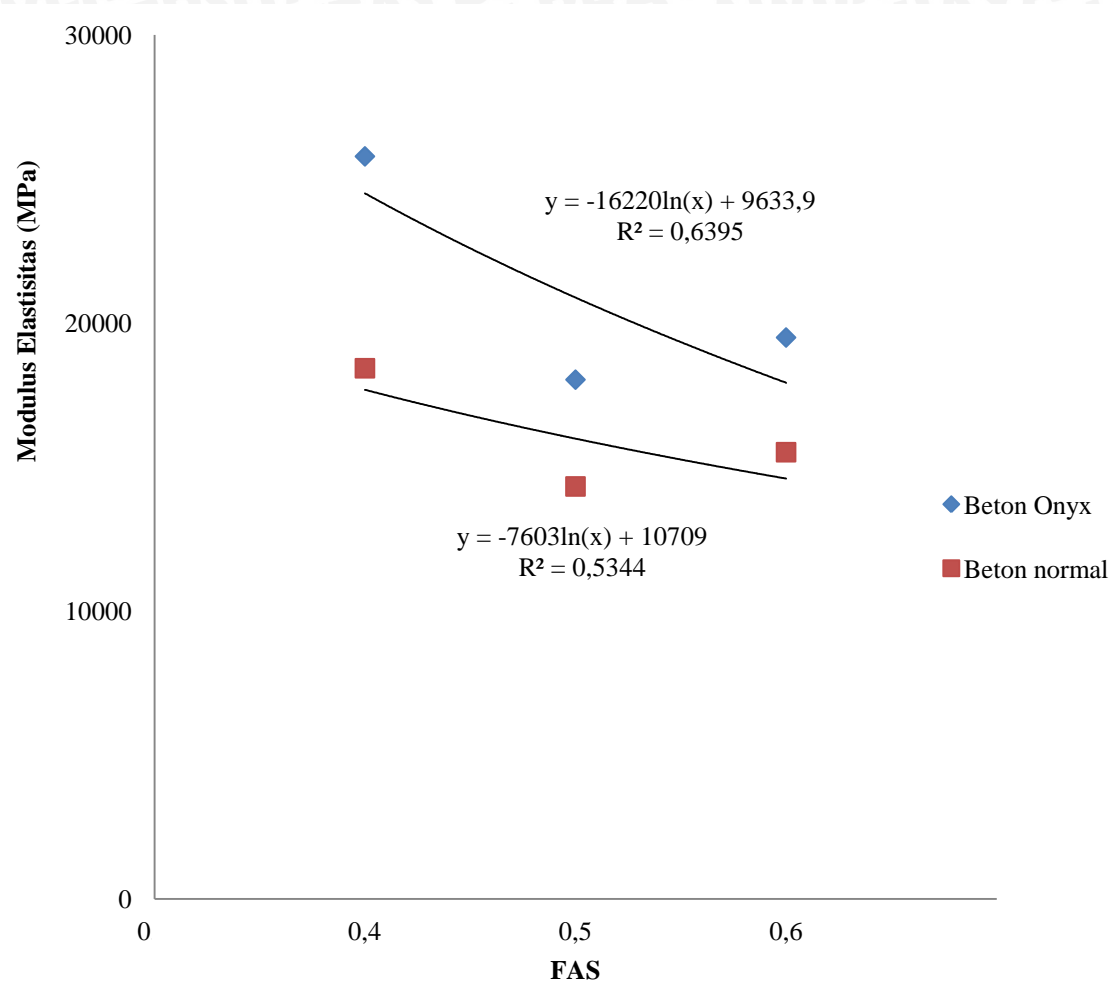
Berikut rekap hasil perhitungan modulus elastisitas berdasarkan eksperimen:

**Tabel 4.15** Rekap nilai modulus elastisitas beton *onyx*

NO	FAS 0,4			FAS 0,5			FAS 0,6		
	$E_{c_i}$ (MPa)	$f'_{c_i}$ (MPa)	$W_{c_i}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$E_{c_i}$ (MPa)	$f'_{c_i}$ (MPa)	$W_{c_i}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$E_{c_i}$ (MPa)	$f'_{c_i}$ (MPa)	$W_{c_i}$ (kg/m <sup>3</sup> )
1	20933	28,52	2461	23334	25,58	2291	16405	16,98	2300
2	23109	31,63	2413	15457	23,14	2319	21580	16,87	2319
3	41675	34,02	2451	20117	23,20	2310	22355	16,98	2319
4	19899	32,96	2413	19598	22,31	2310	16895	17,59	2347
5	30969	32,30	2423	16010	23,86	2310	18441	21,81	2310
6	18359	32,52	2395	25020	26,41	2300	15320	17,87	2329
7	14316	22,31	2366	19472	23,14	2319	18643	20,53	2329
8	16431	30,63	2423	13854	22,81	2366	17902	21,47	2329
9	25897	34,13	2423	16397	14,71	2347	16355	15,87	2329
10	35325	30,35	2479	16083	16,70	2376	18673	22,64	2357
11	23335	29,35	2432	20400	24,14	2319	16528	18,09	2376
12	47001	33,96	2385	21433	23,08	2310	32944	17,81	2395
13	10167	21,64	2461	16477	23,75	2338	17025	16,98	2357
14	22656	30,35	2479	13150	16,54	2338	17871	21,64	2319
15	36604	33,07	2470	13584	21,75	2281	25392	20,09	2404
<b>Rata-Rata</b>	25778	30,52	2432	18026	22,07	2322	19489	18,88	2341

**Tabel 4.16** Rekap nilai modulus elastisitas beton normal

NO	FAS 0,4			FAS 0,5			FAS 0,6		
	$E_{c_i}$ (MPa)	$f'_{c_i}$ (MPa)	$W_{c_i}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$E_{c_i}$ (MPa)	$f'_{c_i}$ (MPa)	$W_{c_i}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$E_{c_i}$ (MPa)	$f'_{c_i}$ (MPa)	$W_{c_i}$ (kg/m <sup>3</sup> )
1	22807	18,92	2255	11737	28,86	2293	15351	19,53	2199
2	17286	46,06	2284	13498	26,69	2284	18716	23,75	2133
3	19109	17,54	2265	13035	27,41	2293	16849	18,09	2161
4	17953	38,01	2199	18047	27,63	2265	15372	20,64	2189
5	16940	44,73	2274	9999	26,47	2265	16568	24,86	2189
6	11376	39,73	2208	16044	31,24	2218	15790	15,98	2170
7	16323	41,51	2302	20690	25,30	2255	14054	31,46	2208
8	19628	42,40	2255	15860	30,74	2246	13298	21,70	2114
9	21420	39,57	2331	14044	19,42	2208	15310	31,80	2151
10	21381	36,73	2293	10222	22,47	2236	13761	18,09	2218
<b>Rata-Rata</b>	18422	36,52	2267	14318	26,62	2256	15507	22,59	2173



**Gambar 4.5** Korelasi nilai modulus elastisitas terhadap variasi FAS (eksperimen)

Berdasarkan dari grafik di atas dapat diketahui bahwa penggunaan agregat limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar pada beton jika dilihat dari nilai modulus elastisitasnya pada penelitian ini dapat dilihat bahwa nilai modulus elastisitas beton *onyx* lebih besar dibandingkan dengan modulus elastisitas beton normal. Berdasarkan pengamatan nilai modulus elastisitas pada beton *onyx* maupun beton normal mengalami penurunan untuk setiap masing-masing variasi FAS. Penurunan nilai ini disebabkan oleh komposisi campuran beton yang berubah pada masing-masing variasi FAS.

Dari masing-masing fungsi yang didapat, maka dapat diperoleh nilai modulus elastisitas tiap masing-masing variasi FAS.

**Tabel 4.17** Nilai modulus elastisitas masing-masing variasi FAS

FAS	$E_{c_{onyx}}$ (MPa)	$E_{c_{normal}}$ (MPa)
0,4	24496	17675
0,5	20876	15978
0,6	17919	14592

Jika nilai modulus diperhitungkan berdasarkan rumus pada SNI-03-2847-2002 bahwasanya nilai modulus elastisitas Untuk nilai  $w_c$  di antara 1 500 kg/m<sup>3</sup> dan 2 500 kg/m<sup>3</sup>, nilai modulus elastisitas beton adalah sebagai berikut:

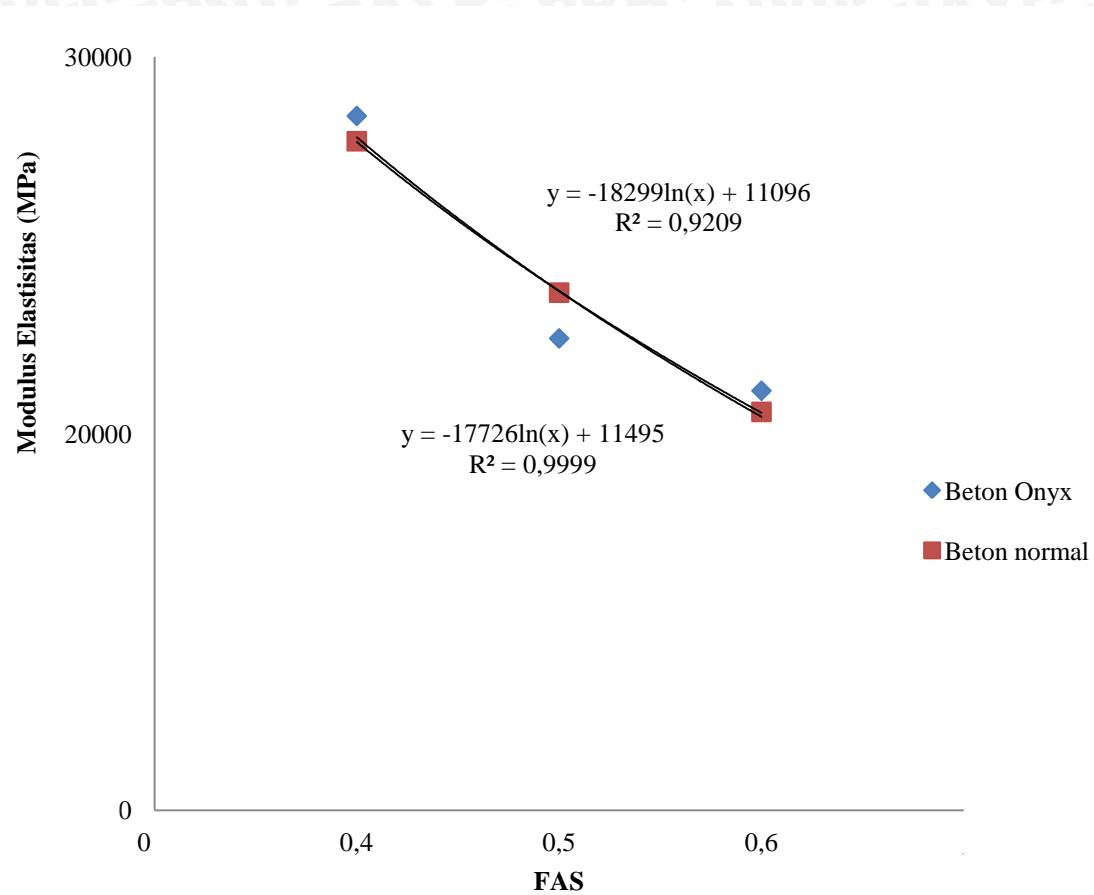
$$E_c = (w_c)^{1,5} 0,043 \sqrt{f'c} \quad (\text{dalam MPa})$$

**Tabel 4.18** Rekap nilai modulus elastisitas beton *onyx* berdasarkan SNI-03-2847-2002

NO	FAS 0,4			FAS 0,5			FAS 0,6		
	Ec <sub>i</sub> (MPa)	f'c <sub>i</sub> (MPa)	Wc <sub>i</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Ec <sub>i</sub> (MPa)	f'c <sub>i</sub> (MPa)	Wc <sub>i</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Ec <sub>i</sub> (MPa)	f'c <sub>i</sub> (MPa)	Wc <sub>i</sub> (kg/m <sup>3</sup> )
1	28030	28,52	2461	23847	25,58	2291	19549	16,98	2300
2	28673	31,63	2413	23102	23,14	2319	19725	16,87	2319
3	30435	34,02	2451	22989	23,2	2310	19790	16,98	2319
4	29271	32,96	2413	22545	22,31	2310	20512	17,59	2347
5	29144	32,3	2423	23317	23,86	2310	22291	21,81	2310
6	28733	32,52	2395	24382	26,41	2300	20425	17,87	2329
7	23378	22,31	2366	23102	23,14	2319	21894	20,53	2329
8	28383	30,63	2423	23638	22,81	2366	22391	21,47	2329
9	29958	34,13	2423	18754	14,71	2347	19249	15,87	2329
10	29249	30,35	2479	20350	16,7	2376	23411	22,64	2357
11	27947	29,35	2432	23595	24,14	2319	21178	18,09	2376
12	29190	33,96	2385	22934	23,08	2310	21266	17,81	2395
13	24416	21,64	2461	23691	23,75	2338	20275	16,98	2357
14	29249	30,35	2479	19768	16,54	2338	22342	21,64	2319
15	30357	33,07	2470	21855	21,75	2281	22717	20,09	2404
<b>Rata-rata</b>	28428	30,52	2432	22525	22,07	2322	21134	18,88	2341

**Tabel 4.19** Rekap nilai modulus elastisitas beton normal berdasarkan SNI-03-2847-2002

NO	FAS 0,4			FAS 0,5			FAS 0,6		
	Ec <sub>i</sub> (MPa)	f'c <sub>i</sub> (MPa)	Wc <sub>i</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Ec <sub>i</sub> (MPa)	f'c <sub>i</sub> (MPa)	Wc <sub>i</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Ec <sub>i</sub> (MPa)	f'c <sub>i</sub> (MPa)	Wc <sub>i</sub> (kg/m <sup>3</sup> )
1	20033	18,92	2255	25362	28,86	2293	19592	19,53	20033
2	31845	46,06	2284	24242	26,69	2284	20638	23,75	31845
3	19406	17,54	2265	24720	27,41	2293	18371	18,09	19406
4	27331	38,01	2199	24362	27,63	2265	20011	20,64	27331
5	31187	44,73	2274	23842	26,47	2265	21961	24,86	31187
6	28123	39,73	2208	25097	31,24	2218	17380	15,98	28123
7	30606	41,51	2302	23166	25,3	2255	25026	31,46	30606
8	29986	42,4	2255	25374	30,74	2246	19464	21,7	29986
9	30434	39,57	2331	19662	19,42	2208	24197	31,8	30434
10	28616	36,73	2293	21559	22,47	2236	19098	18,09	28616
<b>Rata-rata</b>	27757	36,52	2267	23739	26,623	2256	20574	22,59	27757



**Gambar 4.6** Korelasi nilai modulus elastisitas terhadap variasi FAS (analisa)

Berdasarkan hasil perhitungan modulus elastisitas dengan menggunakan analisa perhitungan teoritis berdasarkan SNI-03-2847-2002 dan eksperimen dari rata-rata masing-masing benda uji sangat berbeda. Hasil dari analisa perhitungan teoritis jauh lebih besar dari eksperimen. Perbedaan yang besar antara perhitungan teoritis dengan eksperimen juga dikarenakan benda uji dalam penelitian dipengaruhi beberapa faktor lain selain FAS yang dipergunakan sebagai variasi pada penelitian ini, selain itu juga berupa penggantian agregat kasar yang dipergunakan dalam penelitian ini limbah batu *onyx* dan batu kerikil lokal dari daerah malang.

#### 4.6 Uji Hipotesa

Pengujian hipotesa ini bertujuan untuk mengetahui apakah hipotesa awal kita dapat diterima atau tidak. Dengan dapat diterimanya hipotesa kita, maka penelitian dianggap benar atau dapat dilakukan. Pada penelitian kali ini, pengujian hipotesa dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh variasi FAS dengan penggantian limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat beton terhadap modulus elastisitas benda uji.

Hipotesa dalam pengujian ini adalah :

$H_0$  = Hipotesa nol yang menyatakan bahwa variasi FAS tidak mempunyai pengaruh terhadap modulus elastisitas benda uji.

$H_1$  = Hipotesa alternatif yang menyatakan bahwa variasi FAS mempunyai pengaruh terhadap modulus elastisitas benda uji.

Kriteria dari pengujian ini adalah :

Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak

Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima

Pengujian hipotesa menggunakan distribusi Fisher, data yang digunakan adalah :

Tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) :	5	%
Jumlah Variasi (c) :	3	variasi
Jumlah Sampel (n) :	15	sampel (beton <i>onyx</i> )
:	10	sampel (beton normal)

Nilai  $F_{tabel}$  dicari berdasarkan :

$V_1$	=	$c-1$	=	2
$V_2$	=	$c(n-1)$	=	42 (beton <i>onyx</i> )
			=	27 (beton normal)

Maka didapatkan nilai  $F_{tabel}$  :  $F_{(2,42)}$  : 3,22

$F_{(2,27)}$  : 3,3

**Tabel 4.20** Perhitungan pengujian hipotesa modulus elastisitas beton *onyx* terhadap variasi FAS

Variasi	$\Sigma Ai$	$\bar{A}j$	$\bar{A}$	$\bar{A}j-\bar{A}$	$(\bar{A}j-\bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}j-\bar{A})^2$	$\Sigma(Ai-\bar{A}j)^2$	$\Sigma\Sigma(Aij-\bar{A}j)^2$
FAS 0,4	386675,390	25778,359	4680,781	21909706,975	1536821805,261			
FAS 0,5	270385,549	18025,703	21097,579	9436418,928	33934701,590		183669884,924	2020216342,929
FAS 0,6	292330,104	19488,674	-1608,905	2588575,687	299724652,744			

**Tabel 4.21** Perhitungan pengujian hipotesa modulus elastisitas beton normal terhadap variasi FAS

Variasi	$\Sigma Ai$	$\bar{A}j$	$\bar{A}$	$\bar{A}j-\bar{A}$	$(\bar{A}j-\bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}j-\bar{A})^2$	$\Sigma(Ai-\bar{A}j)^2$	$\Sigma\Sigma(Aij-\bar{A}j)^2$
FAS 0,4	184222,199	18422,220	2339,997	5475585,679	96656972,775			
FAS 0,5	143175,712	14317,571	16082,223	3113995,935	8920603,656		104346143,202	224425884,567
FAS 0,6	155068,778	15506,878	-575,345	331022,043	23422768,590			



Dari tabel 4.20 dan tabel 4.21 didapatkan hasil dari between method sebagai berikut :

$$\text{Beton onyx} : s_x^2 = \frac{n \sum (\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{509020523,853}{3-1} = 254510261,927$$

$$\text{Beton normal} : s_x^2 = \frac{n \sum (\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{89206036,563}{3-1} = 44603018,282$$

Setelah didapatkan nilai dari between method, selanjutnya mencari nilai dari within method sebagai berikut :

$$\text{Beton onyx} : s_w^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{2020216342,929}{42} = 48100389,117$$

$$\text{Beton normal} : s_w^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{224425884,567}{27} = 8312069,799$$

Didapatkan  $F_{hitung}$  dengan rumus :

$$\text{Beton onyx} : \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{254510261,927}{48100389,117} = 5,291$$

$$\text{Beton normal} : \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{44603018,282}{8312069,799} = 5,366$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa :

$$\begin{aligned} \text{Beton onyx} : F_{hitung} > F_{tabel} \\ 5,291 > 3,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton normal} : F_{hitung} > F_{tabel} \\ 5,366 > 3,35 \end{aligned}$$

Maka untuk beton dengan batu onyx sebagai agregat kasarnya  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima dan untuk beton normal dengan batu kerikil sebagai agregat kasarnya  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Dengan penjelasan bahwa terdapat pengaruh variasi FAS pada campuran beton terhadap nilai modulus elastisitas beton.



#### 4.7 Pembahasan

Sejalan dengan variasi perubahan FAS (Faktor Air Semen) akan mempengaruhi nilai modulus elastisitas, dimana diantara ketiga variasi FAS (Fakor Air Semen) nilai modulus elastisitas maksimum didapat pada FAS 0,4. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5 hasil penelitian mengenai modulus elastisitas dapat diketahui bahwa nilai modulus elastisitas untuk beton *onyx* dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 24496, 20876, dan 171919 MPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas untuk beton normal dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 17675, 15978, dan 14592 MPa.

Berdasarkan grafik korelasi antara nilai modulus elastisitas dengan variasi FAS, nilai modulus elastisitas pada beton normal berfungsi sebagai kontrol terhadap penurunan atau peningkatan nilai modulus elastisitas. Sehingga, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan modulus elastisitas pada beton *onyx*. Pada variasi FAS 0,4 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 38,59%. Pada variasi FAS 0,5 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 30,65%. Pada variasi FAS 0,6 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 22,80%. Dari hasil analisa regresi hubungan nilai modulus elastisitas dengan variasi FAS, didapatkan nilai  $R^2$  pada modulus elastisitas beton *onyx* sebesar 0,6669. Angka ini menunjukkan sebanyak 63,95% nilai modulus elastisitas beton *onyx* dipengaruhi oleh variasi FAS, sedangkan sisanya sebanyak 36,05% nilai modulus elastisitas beton dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lainnya. Dikarenakan nilai keandalan dari penelitian beton *onyx* ini cukup besar menunjukkan bahwa ada faktor-faktor lain yang menyebabkan data sampel kurang baik, maka perlu lebih dicermati apabila dilakukan penelitian selanjutnya. Hal yang perlu diperhatikan, seperti halnya langkah dan perhitungan dalam perencanaan beton agar didapatkan hasil penelitian yang cukup valid.

Perbedaan nilai modulus elastisitas tersebut antara lain disebabkan karena adanya kontribusi dari tingkat kekerasan terhadap volume adukan beton yang semakin padat. Nilai modulus elastisitas tergantung pada besarnya regangan yang terjadi, sedangkan regangan sangat tergantung pada lendutan yang terjadi. Besarnya lendutan dipengaruhi oleh kekuatan material pembentuk beton yang salah satunya adalah agregat penyusunnya. Perbedaan nilai modulus elastisitas pada beton *onyx* dibandingkan dengan beton normal cukup berbeda, dikarenakan pada masing-masing beton terdapat perbedaan yang cukup besar yaitu berupa perbedaan jenis agregat kasar. Dimana agregat kasar ini merupakan pengisi beton yang memiliki volume cukup besar, sehingga faktor-faktor lain yang mempengaruhi nilai modulus elastisitas cukup berpotensi dalam menghasilkan nilai yang

cukup berbeda. Selain itu perlu diadakannya penelitian lebih lanjut dalam mempergunakan limbah batu *onyx* ini, agar mendapatkan hasil-hasil yang sesuai dengan kepatutan beton pada umumnya.

Dalam kasus penelitian ini dilakukan perlakuan berupa variasi FAS dimana tentunya dengan semakin banyaknya air yang digunakan dalam campuran tentunya akan menghasilkan campuran beton yang bermacam-macam, seperti halnya apabila air yang digunakan berlebih tentunya akan meninggalkan rongga udara yang lebih besar. Rongga tersebut bisa terbentuk akibat proses hilangnya air setelah beton tersebut didiamkan. Sehingga apabila beton yang dikenai beban dengan rongga pada beton tersebut cukup besar maka akan mengakibatkan nilai peregangan yang berupa perpendekan pada beton semakin besar. Apabila nilai perpendekan tersebut cukup besar maka akan menghasilkan nilai modulus elastisitas yang kurang atau dalam hal ini lebih kecil.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian, analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jika dilihat berdasarkan hasil rekap dari keseluruhan penelitian ini limbah batuan *onyx* mampu dipergunakan sebagai alternatif pengganti agregat kasar pada beton yang umumnya menggunakan kerikil normal.
2. Berdasarkan data pada penelitian memperlihatkan bahwa nilai modulus elastisitas maksimum dicapai pada FAS 0,4. Hal ini bersesuaian dengan pengaruh kekuatan beton berdasarkan FAS yang digunakan dalam suatu perencanaan beton, dimana nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan mutu beton yang dihasilkan.
3. Dalam pencapaian nilai modulus elastisitas berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:
  - a. Nilai modulus elastisitas untuk beton *onyx* dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 24496, 20876, dan 17919 MPa. Sedangkan hasil penelitian mengenai modulus elastisitas untuk beton normal dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 17675, 15978, dan 14592 MPa.
  - b. Terjadi peningkatan modulus elastisitas pada beton *onyx*. Pada FAS 0,4 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 38,59%. Pada FAS 0,5 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 30,65%. Pada FAS 0,6 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 22,80%.

### 5.2 Saran

Untuk lebih memperdalam kajian dari penelitian yang sudah dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan yang merupakan pengembangan tema maupun metodologi. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi komposisi limbah *onyx* terhadap nilai modulus elastisitas beton. Agar mendapatkan kadar limbah optimum yang lebih spesifik.

2. Dapat di gunakan tipe- tipe semen yang lain.
3. Dalam memecah limbah batu *onyx* harus sesuai dengan gradasi yang direncanakan.
4. Pada saat proses pemadatan campuran beton perlu diperhatikan.
5. Pada saat pemasangan *extensometer* perlu diperhatikan lebih cermat agar alat terpasang dengan baik.
6. Perlu diperhatikan dalam pelaksanaan penelitian pada saat pembacaan *dial gauge* harap lebih teliti dan cermat.
7. *Dial Gauge* hendaknya perlu diadakan kalibrasi alat , sehingga dapat meminimalkan faktor-faktor kesalahan pembacaan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, Candra. 2012. *Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Onyx Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air dan Ketahanan Aus Paving Block*. Jurnal Ilmiah "Widyateknika" Vol. 20 No. 1 / Maret 2012. Malang: Fakultas Teknik Universitas Widyagama.
- Ardhiantika, P., Basuki, A. dan Sunarmasto. 2014. *Kajian Kuat Tekan, Kuat tarik, Kuat Lentur dan Redaman Bunyi pada Panel Dinding Beton Ringan dengan Agregat limbah Plastik Pet*. Solo: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Arthur, H. Nilson, Darwin, David, & W. Dolan, Charles. 2010. *Design of Concrete Structures 14th ed*. New York: The McGraw-Hills Companies.
- ASTM Standard C469. (2002). *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression, (ASTM C469 - 02)*. USA: ASTM International.
- Binici, H., Shahb, T., Aksoganc, O., Kapland, H. 2008. *Durability of Concrete Made with Granite and Marble as Recycle Aggregates*. Kahramanmaras Sutcu Imam University, Engineering and Architectural Faculty, Department of Civil Engineering, Avsar Campus, Kahramanmaras, Turkey.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBB) 1971*. Bandung : Badan Penelitian.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan (PUBI) 1982*, Bandung : Badan Penelitian.
- Gere, J.M., Timoshenko, S.P., 1996. *Mekanika Bahan*, Jakarta: Erlangga.
- Gusanti, W., Sambowo, A.K., Wibowo. 2014. *Tinjauan Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton dengan Menggunakan Limbah Batu Candi Sebagai Pengganti Agregat Kasar*. Solo: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Ikhsanudin. 2011. *Kajian Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Pada Beton dengan Agregat Daur Ulang dan Serat Baja Limbah*. Solo: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton, Edisi Keempat*, Terjemahan oleh Stephanus Hindarko, Jakarta: Erlangga.
- Neville, A. M., Brooks, J.J. 2010. *Concrete Technology*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Noor, Djauhari. 2009. *Pengantar Geologi*. Bogor: CV. Graha Ilmu
- Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton , dari Material , Pembuatan ke Beton Mutu Tinggi*. Yogyakarta: Andi.

Nurlina,S. 2008. *Struktur Beton*.Surabaya: Srikandi.

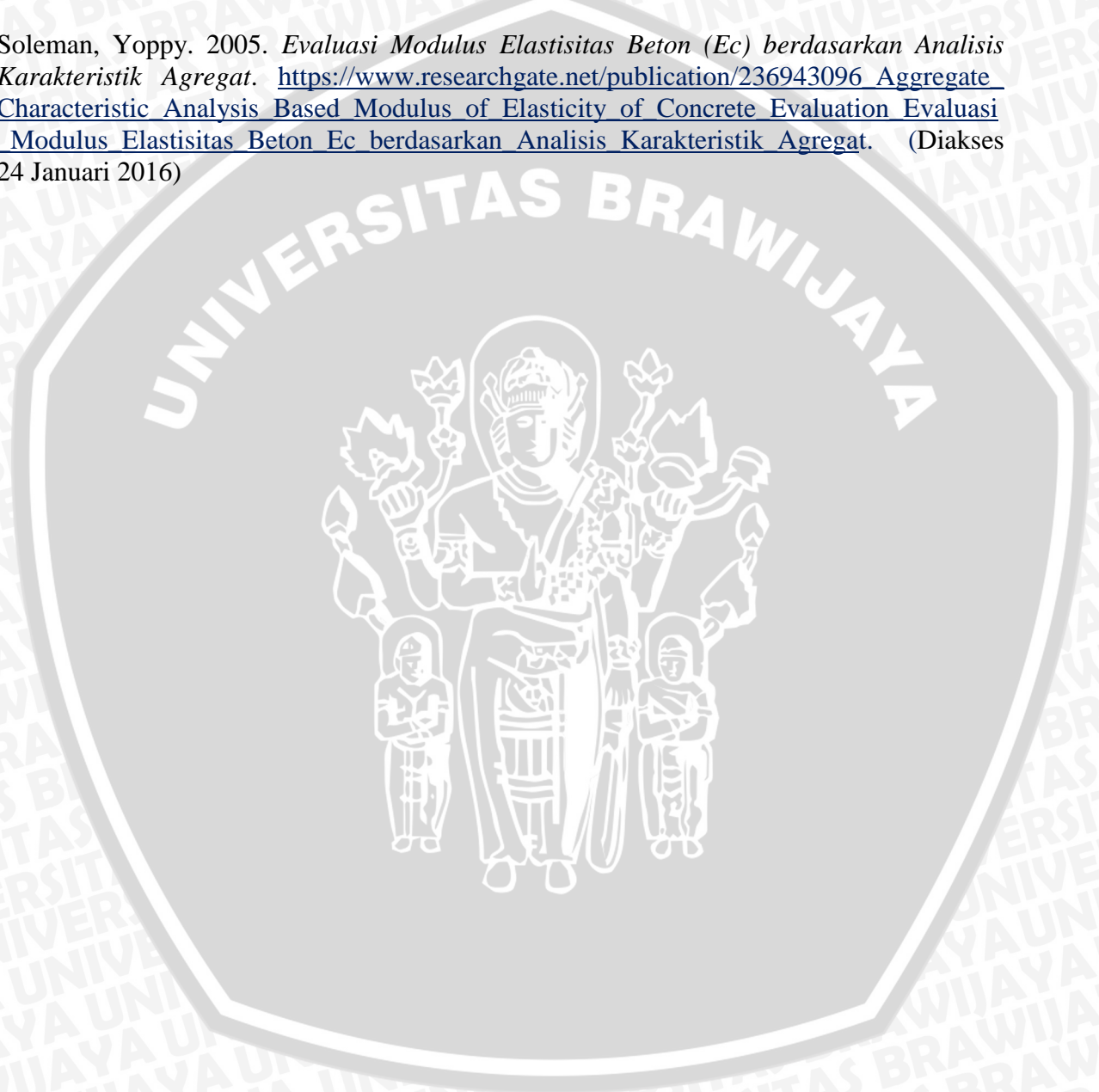
Pawirodikromo, Widodo. 2014. *Analisa Tegangan Bahan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

SNI-03-1750-1990, *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*.

SNI-03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.

SNI-03-2847-2002, *Tata Cara Perencanaan Struktural Beton Untuk Bangunan Gedung*.

Soleman, Yoppy. 2005. *Evaluasi Modulus Elastisitas Beton (Ec) berdasarkan Analisis Karakteristik Agregat*. [https://www.researchgate.net/publication/236943096\\_Aggregate\\_Characteristic\\_Analysis\\_Based\\_Modulus\\_of\\_Elasticity\\_of\\_Concrete\\_Evaluation\\_Evaluasi\\_Modulus\\_Elastisitas\\_Beton\\_Ec\\_berdasarkan\\_Analisis\\_Karakteristik\\_Agregat](https://www.researchgate.net/publication/236943096_Aggregate_Characteristic_Analysis_Based_Modulus_of_Elasticity_of_Concrete_Evaluation_Evaluasi_Modulus_Elastisitas_Beton_Ec_berdasarkan_Analisis_Karakteristik_Agregat). (Diakses 24 Januari 2016)



## Lampiran 1

## Perhitungan Mix Design

Beton onyx FAS 0,4

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK	NILAI			Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari,5%)	Ditetapkan	19,62 MPa pada 28 hari. Bagian tak memenuhi syarat 5% (k=1,64)			Mpa
2	Deviasi standar	Diketahui	-			Mpa
3	Nilai Tambah (Margin)	Diketahui	12			Mpa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	19,62 + 12 = 31,62			Mpa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	PPC			-
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah			-
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Alami			-
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 2	0,4			-
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,6			-
9	Slump	Ditetapkan	60-180			mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20 mm			mm
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225			kg/m3
12	Jumlah semen	(11) : (8)	562,500			kg/m3
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-			-
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275			kg/m3
15	FAS yg disesuaikan	Ditetapkan	-			-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	zona 2			-
17	Gradasi Agregat Kasar atau Gabungan	Tabel 7, Grafik 7 - 12	-			-
18	Persen Agregat Halus	Grafik 13 - 15	39,5%			0,395
19	Berat isi relatif agregat (SSD)	Diketahui	2,64			kg/m3
20	Berat isi beton	Grafik 16	2350			kg/m3
21	Kadar agregat gabungan	(20) - (11) - (12)	1562,500			kg/m3
22	Kadar agregat halus	(18) * (21)	617,188			kg/m3
23	Kadar agregat kasar	(21) - (22)	945,313			kg/m3
<b>Banyaknya Bahan (Berat)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)		563	225	617	945	
Tiap campuran uji 0,005301438 m3		3,0	1,2	3,3	5,0	
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)		563	221	613	953	
Tiap campuran uji 0,005301438 m3		2,98	1,17	3,25	5,05	
<b>Berat</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Proporsi (Teoritis)		1,000	0,400	1,097	1,681	
Proporsi (Aktual)		1,000	0,392	1,091	1,695	
<b>Banyaknya Bahan (Volume)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Proporsi (Teoritis)		0,402	0,225	426,865	614,551	
Proporsi (Aktual)		0,402	0,221	424,282	619,804	
<b>Volume</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Proporsi (Teoritis)		1,000	1,786	0,001	0,001	
Proporsi (Aktual)		1,000	1,821	0,001	0,001	

Ket: Volume beton = 0,005301438 m<sup>3</sup>



## Beton onyx FAS 0,5

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK	NILAI	Satuan	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari,5%)	Ditetapkan	19,62 MPa pada 28 hari. Bagian tak memenuhi syarat 5% (k=1,64)	Mpa	
2	Deviasi standar	Diketahui	-	Mpa	
3	Nilai Tambah (Margin)	Diketahui	12	Mpa	
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	19,62 + 12 = 31,62	Mpa	
5	Jenis Semen	Ditetapkan	PPC	-	
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah	-	
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Alami	-	
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 2	0,5	-	
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,6	-	
9	Slump	Ditetapkan	60-180	mm	
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20 mm	mm	
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225	kg/m3	
12	Jumlah semen	(11) : (8)	450,000	kg/m3	
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-	-	
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275	kg/m3	
15	FAS yg disesuaikan	Ditetapkan	-	-	
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	zona 2	-	
17	Gradasi Agregat Kasar atau Gabungan	Tabel 7, Grafik 7 - 12		-	
18	Persen Agregat Halus	Grafik 13 - 15	<b>42,0%</b>	<b>0,42</b>	
19	Berat isi relatif agregat (SSD)	Diketahui	2,64	kg/m3	
20	Berat isi beton	Grafik 16	2350	kg/m3	
21	Kadar agregat gabungan	(20) - (11) - (12)	1675,000	kg/m3	
22	Kadar agregat halus	(18) * (21)	703,500	kg/m3	
23	Kadar agregat kasar	(21) - (22)	971,500	kg/m3	
<b>Banyaknya Bahan (Berat)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)		450	225	704	972
Tiap campuran uji 0,005301438 m3		2,4	1,2	3,7	5,2
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)		450	221	699	980
Tiap campuran uji 0,005301438 m3		2,39	1,17	3,71	5,19
<b>Berat</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Proporsi (Teoritis)		1,000	0,500	1,563	2,159
Proporsi (Aktual)		1,000	0,491	1,554	2,177
<b>Banyaknya Bahan (Volume)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Proporsi (Teoritis)		0,321	0,225	486,562	631,576
Proporsi (Aktual)		0,321	0,221	483,618	636,974
<b>Volume</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Proporsi (Teoritis)		1,000	1,429	0,001	0,001
Proporsi (Aktual)		1,000	1,455	0,001	0,001

Ket: Volume beton = 0,005301438 m<sup>3</sup>

Beton *onyx* FAS 0,6

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK	NILAI		Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari,5%)	Ditetapkan	19,62 MPa pada 28 hari. Bagian tak memenuhi syarat 5% (k=1,64)		Mpa
2	Deviasi standar	Diketahui	-		Mpa
3	Nilai Tambah (Margin)	Diketahui	12		Mpa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	19,62 + 12 = 31,62		Mpa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	PPC		-
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah		-
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Alami		-
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 2	0,6		-
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,6		-
9	Slump	Ditetapkan	60-180		mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20 mm		mm
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225		kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	(11) : (8)	375,000		kg/m <sup>3</sup>
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-		-
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275		kg/m <sup>3</sup>
15	FAS yg disesuaikan	Ditetapkan	-		-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	zona 2		-
17	Gradasi Agregat Kasar atau Gabungan	Tabel 7, Grafik 7 - 12	-		-
18	Persen Agregat Halus	Grafik 13 - 15	44,0%		0,440
19	Berat isi relatif agregat (SSD)	Diketahui	2,64		kg/m <sup>3</sup>
20	Berat isi beton	Grafik 16	2350		kg/m <sup>3</sup>
21	Kadar agregat gabungan	(20) - (11) - (12)	1750,000		kg/m <sup>3</sup>
22	Kadar agregat halus	(18) * (21)	770,000		kg/m <sup>3</sup>
23	Kadar agregat kasar	(21) - (22)	980,000		kg/m <sup>3</sup>
<b>Banyaknya Bahan (Berat)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Tiap m <sup>3</sup> dg ketelitian 5kg (Teoritis)		375	225	770	980
Tiap campuran uji 0,005301438 m <sup>3</sup>		2,0	1,2	4,1	5,2
Tiap m <sup>3</sup> dg ketelitian 5kg (Aktual)		375	221	765	988
Tiap campuran uji 0,005301438 m <sup>3</sup>		1,99	1,17	4,06	5,24
<b>Berat</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Proporsi (Teoritis)		1,000	0,600	2,053	2,613
Proporsi (Aktual)		1,000	0,590	2,041	2,636
<b>Banyaknya Bahan (Volume)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Proporsi (Teoritis)		0,268	0,225	532,555	637,101
Proporsi (Aktual)		0,268	0,221	529,333	642,547
<b>Volume</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Proporsi (Teoritis)		1,000	1,190	0,001	0,000
Proporsi (Aktual)		1,000	1,210	0,001	0,000

Ket: Volume beton = 0,005301438 m<sup>3</sup>

## Beton normal FAS 0,4

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK	NILAI			Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari,5%)	Ditetapkan	16,2846 MPa pada 28 hari. Bagian tak memenuhi syarat 5% (k=1,64)			Mpa
2	Deviasi standar	Diketahui	-			Mpa
3	Nilai Tambah (Margin)	Diketahui	12			Mpa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	16,2846 + 12 = 28,2846			Mpa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	PPC			-
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah			-
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Alami			-
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 2	0,4			-
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,6			-
9	Slump	Ditetapkan	60-180			mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20 mm			mm
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225			kg/m3
12	Jumlah semen	(11) : (8)	562,500			kg/m3
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-			-
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275			kg/m3
15	FAS yg disesuaikan	Ditetapkan	-			-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	zona 2			-
17	Gradasi Agregat Kasar atau Gabungan	Tabel 7, Grafik 7 - 12	-			-
18	Persen Agregat Halus	Grafik 13 - 15	39,5%			0,395
19	Berat isi relatif agregat (SSD)	Diketahui	2,61			kg/m3
20	Berat isi beton	Grafik 16	2320			kg/m3
21	Kadar agregat gabungan	(20) - (11) - (12)	1532,500			kg/m3
22	Kadar agregat halus	(18) * (21)	605,338			kg/m3
23	Kadar agregat kasar	(21) - (22)	927,163			kg/m3
<b>Banyaknya Bahan (Berat)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)		563	225	605	927	
Tiap campuran uji 0,005301438 m3		3,0	1,2	3,2	4,9	
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)		563	218	602	938	
Tiap campuran uji 0,005301438 m3		2,98	1,16	3,19	4,97	
<b>Berat</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Proporsi (Teoritis)		1,000	0,400	1,076	1,648	
Proporsi (Aktual)		1,000	0,388	1,070	1,667	
<b>Banyaknya Bahan (Volume)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Proporsi (Teoritis)		0,402	0,225	418,670	678,202	
Proporsi (Aktual)		0,402	0,218	416,136	685,834	
<b>Volume</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Proporsi (Teoritis)		1,000	1,786	0,001	0,001	
Proporsi (Aktual)		1,000	1,841	0,001	0,001	

Ket: Volume beton = 0,005301438 m<sup>3</sup>

## Beton normal FAS 0,5

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK	NILAI		Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari,5%)	Ditetapkan	16,2846 MPa pada 28 hari. Bagian tak memenuhi syarat 5% (k=1,64)		Mpa
2	Deviasi standar	Diketahui	-		Mpa
3	Nilai Tambah (Margin)	Diketahui	12		Mpa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	16,2846 + 12 = 28,2846		Mpa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	PPC		-
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah		-
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Alami		-
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 2	0,5		-
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,6		-
9	Slump	Ditetapkan	60-180		mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20 mm		mm
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225		kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	(11) : (8)	450,000		kg/m <sup>3</sup>
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-		-
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275		kg/m <sup>3</sup>
15	FAS yg disesuaikan	Ditetapkan	-		-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	zona 2		-
17	Gradasi Agregat Kasar atau Gabungan	Tabel 7, Grafik 7 - 12	-		-
18	Persen Agregat Halus	Grafik 13 - 15	42,0%		0,42
19	Berat isi relatif agregat (SSD)	Diketahui	2,62		kg/m <sup>3</sup>
20	Berat isi beton	Grafik 16	2320		kg/m <sup>3</sup>
21	Kadar agregat gabungan	(20) - (11) - (12)	1645,000		kg/m <sup>3</sup>
22	Kadar agregat halus	(18) * (21)	690,900		kg/m <sup>3</sup>
23	Kadar agregat kasar	(21) - (22)	954,100		kg/m <sup>3</sup>
<b>Banyaknya Bahan (Berat)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Tiap m <sup>3</sup> dg ketelitian 5kg (Teoritis)		450	225	691	954
Tiap campuran uji 0,005301438 m <sup>3</sup>		2,4	1,2	3,7	5,1
Tiap m <sup>3</sup> dg ketelitian 5kg (Aktual)		450	218	687	965
Tiap campuran uji 0,005301438 m <sup>3</sup>		2,39	1,16	3,64	5,12
<b>Berat</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Proporsi (Teoritis)		1,000	0,500	1,535	2,120
Proporsi (Aktual)		1,000	0,485	1,526	2,144
<b>Banyaknya Bahan (Volume)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Proporsi (Teoritis)		0,321	0,225	477,847	697,906
Proporsi (Aktual)		0,321	0,218	474,956	705,760
<b>Volume</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>
Proporsi (Teoritis)		1,000	1,429	0,001	0,000
Proporsi (Aktual)		1,000	1,471	0,001	0,000

Ket: Volume beton = 0,005301438 m<sup>3</sup>

## Beton normal FAS 0,6

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK	NILAI			Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari,5%)	Ditetapkan	16,2846 MPa pada 28 hari. Bagian tak memenuhi syarat 5% (k=1,64)			Mpa
2	Deviasi standar	Diketahui	-			Mpa
3	Nilai Tambah (Margin)	Diketahui	12			Mpa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	16,2846 + 12 = 28,2846			Mpa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	PPC			-
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah			-
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Alami			-
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 2	0,6			-
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,6			-
9	Slump	Ditetapkan	60-180			mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20 mm			mm
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225			kg/m3
12	Jumlah semen	(11) : (8)	375,000			kg/m3
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-			-
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275			kg/m3
15	FAS yg disesuaikan	Ditetapkan	-			-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	zona 2			-
17	Gradasi Agregat Kasar atau Gabungan	Tabel 7, Grafik 7 - 12	-			-
18	Persen Agregat Halus	Grafik 13 - 15	44,0%			0,440
19	Berat isi relatif agregat (SSD)	Diketahui	2,62			kg/m3
20	Berat isi beton	Grafik 16	2320			kg/m3
21	Kadar agregat gabungan	(20) - (11) - (12)	1720,000			kg/m3
22	Kadar agregat halus	(18) * (21)	756,800			kg/m3
23	Kadar agregat kasar	(21) - (22)	963,200			kg/m3
<b>Banyaknya Bahan (Berat)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)		375	225	757	963	
Tiap campuran uji 0,005301438 m3		2,0	1,2	4,0	5,1	
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)		375	219	752	974	
Tiap campuran uji 0,005301438 m3		1,99	1,16	3,99	5,16	
<b>Berat</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Proporsi (Teoritis)		1,000	0,600	2,018	2,569	
Proporsi (Aktual)		1,000	0,583	2,006	2,597	
<b>Banyaknya Bahan (Volume)</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Proporsi (Teoritis)		0,268	0,225	523,426	704,563	
Proporsi (Aktual)		0,268	0,219	520,258	712,491	
<b>Volume</b>		<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Agregat Halus</b>	<b>Agregat Kasar</b>	
Proporsi (Teoritis)		1,000	1,190	0,001	0,000	
Proporsi (Aktual)		1,000	1,225	0,001	0,000	

Ket: Volume beton = 0,005301438 m<sup>3</sup>

## Lampiran 2

Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton *Onyx* FAS 0,4

## Benda uji 1

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0	0	195	102	0,000510	10,82
5	3	0,000015	0,28	200	104	0,000520	11,10
10	5	0,000025	0,55	205	106	0,000530	11,38
15	8	0,000040	0,83	210	109	0,000545	11,65
20	10	0,000050	1,11	215	112	0,000560	11,93
25	13	0,000065	1,39	220	119	0,000595	12,21
30	16	0,000080	1,66	225	122	0,000610	12,49
35	18	0,000090	1,94	230	125	0,000625	12,76
40	21	0,000105	2,22	235	128	0,000640	13,04
45	23	0,000115	2,50	240	131	0,000655	13,32
50	26	0,000130	2,77	245	133	0,000665	13,60
55	28	0,000140	3,05	250	138	0,000690	13,87
60	31	0,000155	3,33	255	141	0,000705	14,15
65	33	0,000165	3,61	260	143	0,000715	14,43
70	36	0,000180	3,88	265	146	0,000730	14,71
75	38	0,000190	4,16	270	149	0,000745	14,98
80	41	0,000205	4,44	275	152	0,000760	15,26
85	43	0,000215	4,72	280	157	0,000785	15,54
90	46	0,000230	4,99	285	159	0,000795	15,81
95	49	0,000245	5,27	290	162	0,000810	16,09
100	51	0,000255	5,55	295	165	0,000825	16,37
105	54	0,000270	5,83	300	168	0,000840	16,65
110	57	0,000285	6,10	305	172	0,000860	16,92
115	60	0,000300	6,38	310	175	0,000875	17,20
120	62	0,000310	6,66	315	177	0,000885	17,48
125	65	0,000325	6,94	320	182	0,000910	17,76
130	67	0,000335	7,21	325	185	0,000925	18,03
135	70	0,000350	7,49	330	190	0,000950	18,31
140	73	0,000365	7,77	335	193	0,000965	18,59
145	76	0,000380	8,05	340	195	0,000975	18,87
150	78	0,000390	8,32	345	198	0,000990	19,14
155	81	0,000405	8,60	350	201	0,001005	19,42
160	84	0,000420	8,88	355	204	0,001020	19,70
165	87	0,000435	9,16	360	208	0,001040	19,98
170	90	0,000450	9,43	365	213	0,001065	20,25
175	92	0,000460	9,71	370	216	0,001080	20,53
180	95	0,000475	9,99	375	222	0,001110	20,81
185	97	0,000485	10,27	380	224	0,001120	21,09
190	98	0,000490	10,54	385	229	0,001145	21,36

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
390	234	0,001170	21,64
395	239	0,001195	21,92
400	243	0,001215	22,20
405	251	0,001255	22,47
410	260	0,001300	22,75
415	269	0,001345	23,03
420	290	0,001450	23,31
425	295	0,001475	23,58
430	325	0,001625	23,86
435	330	0,001650	24,14
440	337	0,001685	24,42
445	346	0,001730	24,69
450	355	0,001775	24,97
455	362	0,001810	25,25
460	371	0,001855	25,53
465	381	0,001905	25,80
470	393	0,001965	26,08
475	407	0,002035	26,36
480	421	0,002105	26,64
485	436	0,002180	26,91
490	452	0,002260	27,19
495	458	0,002290	27,47
500	464	0,002320	27,75
505	475	0,002375	28,02
510	513	0,002565	28,30
514	-	-	28,52

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## Benda uji 2

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0	0	210	99	0,000495	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	102	0,000510	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	104	0,000520	12,21
15	8	0,000040	0,83	225	107	0,000535	12,49
20	12	0,000060	1,11	230	110	0,000550	12,76
25	13	0,000065	1,39	235	112	0,000560	13,04
30	17	0,000085	1,66	240	115	0,000575	13,32
35	21	0,000105	1,94	245	118	0,000590	13,60
40	22	0,000110	2,22	250	121	0,000605	13,87
45	24	0,000120	2,50	255	123	0,000615	14,15
50	29	0,000145	2,77	260	126	0,000630	14,43
55	30	0,000150	3,05	265	128	0,000640	14,71
60	31	0,000155	3,33	270	132	0,000660	14,98
65	32	0,000160	3,61	275	135	0,000675	15,26
70	33	0,000165	3,88	280	138	0,000690	15,54
75	34	0,000170	4,16	285	141	0,000705	15,81
80	37	0,000185	4,44	290	144	0,000720	16,09
85	39	0,000195	4,72	295	147	0,000735	16,37
90	41	0,000205	4,99	300	150	0,000750	16,65
95	43	0,000215	5,27	305	152	0,000760	16,92
100	46	0,000230	5,55	310	156	0,000780	17,20
105	47	0,000235	5,83	315	159	0,000795	17,48
110	50	0,000250	6,10	320	162	0,000810	17,76
115	53	0,000265	6,38	325	165	0,000825	18,03
120	55	0,000275	6,66	330	168	0,000840	18,31
125	57	0,000285	6,94	335	171	0,000855	18,59
130	60	0,000300	7,21	340	175	0,000875	18,87
135	62	0,000310	7,49	345	178	0,000890	19,14
140	64	0,000320	7,77	350	182	0,000910	19,42
145	66	0,000330	8,05	355	185	0,000925	19,70
150	69	0,000345	8,32	360	188	0,000940	19,98
155	72	0,000360	8,60	365	192	0,000960	20,25
160	74	0,000370	8,88	370	195	0,000975	20,53
165	76	0,000380	9,16	375	198	0,000990	20,81
170	78	0,000390	9,43	380	202	0,001010	21,09
175	81	0,000405	9,71	385	206	0,001030	21,36
180	83	0,000415	9,99	390	209	0,001045	21,64
185	86	0,000430	10,27	395	213	0,001065	21,92
190	89	0,000445	10,54	400	216	0,001080	22,20
195	92	0,000460	10,82	405	220	0,001100	22,47
200	94	0,000470	11,10	410	224	0,001120	22,75
205	97	0,000485	11,38	415	228	0,001140	23,03



<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10-3mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	233	0,001165	23,31
425	238	0,001190	23,58
430	242	0,001210	23,86
435	246	0,001230	24,14
440	250	0,001250	24,42
445	254	0,001270	24,69
450	258	0,001290	24,97
455	262	0,001310	25,25
460	266	0,001330	25,53
465	271	0,001355	25,80
470	276	0,001380	26,08
475	281	0,001405	26,36
480	285	0,001425	26,64
485	290	0,001450	26,91
490	295	0,001475	27,19
495	302	0,001510	27,47
500	309	0,001545	27,75
505	318	0,001590	28,02
510	326	0,001630	28,30
515	334	0,001670	28,58
520	340	0,001700	28,86
525	349	0,001745	29,13
530	359	0,001795	29,41
535	371	0,001855	29,69
540	379	0,001895	29,97
545	391	0,001955	30,24
550	406	0,002030	30,52
555	425	0,002125	30,80
560	436	0,002180	31,07
565	451	0,002255	31,35
570	484	0,002420	31,63



## Benda uji 3

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	49	0,000245	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	50	0,000250	11,93
10	3	0,000015	0,55	220	51	0,000255	12,21
15	5	0,000025	0,83	225	52	0,000260	12,49
20	6	0,000030	1,11	230	54	0,000270	12,76
25	8	0,000040	1,39	235	56	0,000280	13,04
30	10	0,000050	1,66	240	57	0,000285	13,32
35	13	0,000065	1,94	245	58	0,000290	13,60
40	13	0,000065	2,22	250	60	0,000300	13,87
45	14	0,000070	2,50	255	62	0,000310	14,15
50	14	0,000070	2,77	260	65	0,000325	14,43
55	15	0,000075	3,05	265	66	0,000330	14,71
60	15,5	0,000078	3,33	270	67	0,000335	14,98
65	17	0,000085	3,61	275	68	0,000340	15,26
70	18	0,000090	3,88	280	70	0,000350	15,54
75	19	0,000095	4,16	285	72	0,000360	15,81
80	19	0,000095	4,44	290	74	0,000370	16,09
85	20	0,000100	4,72	295	76	0,000380	16,37
90	21	0,000105	4,99	300	78	0,000390	16,65
95	22	0,000110	5,27	305	80	0,000400	16,92
100	23	0,000115	5,55	310	81	0,000405	17,20
105	24	0,000120	5,83	315	83	0,000415	17,48
110	25	0,000125	6,10	320	85	0,000425	17,76
115	26	0,000130	6,38	325	87	0,000435	18,03
120	27	0,000135	6,66	330	89	0,000445	18,31
125	28	0,000140	6,94	335	91	0,000455	18,59
130	29	0,000145	7,21	340	93	0,000465	18,87
135	30	0,000150	7,49	345	95	0,000475	19,14
140	31	0,000155	7,77	350	97	0,000485	19,42
145	31,5	0,000158	8,05	355	99	0,000495	19,70
150	33	0,000165	8,32	360	101	0,000505	19,98
155	34	0,000170	8,60	365	103	0,000515	20,25
160	35	0,000175	8,88	370	106	0,000530	20,53
165	37	0,000185	9,16	375	108	0,000540	20,81
170	37,5	0,000188	9,43	380	110	0,000550	21,09
175	38	0,000190	9,71	385	112	0,000560	21,36
180	40	0,000200	9,99	390	114	0,000570	21,64
185	41	0,000205	10,27	395	117	0,000585	21,92
190	43	0,000215	10,54	400	119	0,000595	22,20
195	44	0,000220	10,82	405	121	0,000605	22,47
200	45	0,000225	11,10	410	124	0,000620	22,75
205	48	0,000240	11,38	415	126	0,000630	23,03

P (KN)	Perpendekan (x10-3mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	128	0,000640	23,31
425	131	0,000655	23,58
430	133	0,000665	23,86
435	136	0,000680	24,14
440	139	0,000695	24,42
445	141	0,000705	24,69
450	144	0,000720	24,97
455	152	0,000760	25,25
460	154	0,000770	25,53
465	155	0,000775	25,80
470	157	0,000785	26,08
475	159	0,000795	26,36
480	160	0,000800	26,64
485	163	0,000815	26,91
490	166	0,000830	27,19
495	169	0,000845	27,47
500	172	0,000860	27,75
505	174	0,000870	28,02
510	178	0,000890	28,30
515	181	0,000905	28,58
520	183	0,000915	28,86
525	188	0,000940	29,13
530	192	0,000960	29,41
535	195	0,000975	29,69
540	199	0,000995	29,97
545	204	0,001020	30,24
550	208	0,001040	30,52
555	212	0,001060	30,80
560	216	0,001080	31,07
565	219	0,001095	31,35
570	224	0,001120	31,63
575	228	0,001140	31,91
580	230	0,001150	32,18
585	247	0,001235	32,46
590	259	0,001295	32,74
595	268	0,001340	33,02
600	280	0,001400	33,29
605	306	0,001530	33,57
610	334	0,001670	33,85
613	-	-	34,02



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## Benda uji 4

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0	0	210	121	0,000605	11,65
5	5	0,000025	0,28	215	124	0,00062	11,93
10	8	0,00004	0,55	220	126	0,00063	12,21
15	10	0,00005	0,83	225	129	0,000645	12,49
20	13	0,000065	1,11	230	132	0,00066	12,76
25	16	0,00008	1,39	235	135	0,000675	13,04
30	19	0,000095	1,66	240	138	0,00069	13,32
35	22	0,00011	1,94	245	141	0,000705	13,60
40	25	0,000125	2,22	250	144	0,00072	13,87
45	27	0,000135	2,50	255	147	0,000735	14,15
50	31	0,000155	2,77	260	149	0,000745	14,43
55	34	0,00017	3,05	265	152	0,00076	14,71
60	37	0,000185	3,33	270	156	0,00078	14,98
65	39	0,000195	3,61	275	158	0,00079	15,26
70	42	0,00021	3,88	280	162	0,00081	15,54
75	45	0,000225	4,16	285	165	0,000825	15,81
80	48	0,00024	4,44	290	168	0,00084	16,09
85	51	0,000255	4,72	295	172	0,00086	16,37
90	54	0,00027	4,99	300	175	0,000875	16,65
95	57	0,000285	5,27	305	178	0,00089	16,92
100	60	0,0003	5,55	310	181	0,000905	17,20
105	63	0,000315	5,83	315	184	0,00092	17,48
110	65	0,000325	6,10	320	187	0,000935	17,76
115	68	0,00034	6,38	325	190	0,00095	18,03
120	70	0,00035	6,66	330	193	0,000965	18,31
125	74	0,00037	6,94	335	197	0,000985	18,59
130	76	0,00038	7,21	340	200	0,001	18,87
135	79	0,000395	7,49	345	203	0,001015	19,14
140	81	0,000405	7,77	350	206	0,00103	19,42
145	84	0,00042	8,05	355	210	0,00105	19,70
150	87	0,000435	8,32	360	213	0,001065	19,98
155	90	0,00045	8,60	365	216	0,00108	20,25
160	92	0,00046	8,88	370	219	0,001095	20,53
165	95	0,000475	9,16	375	223	0,001115	20,81
170	98	0,00049	9,43	380	226	0,00113	21,09
175	101	0,000505	9,71	385	230	0,00115	21,36
180	104	0,00052	9,99	390	234	0,00117	21,64
185	106	0,00053	10,27	395	237	0,001185	21,92
190	109	0,000545	10,54	400	241	0,001205	22,20
195	112	0,00056	10,82	405	245	0,001225	22,47
200	115	0,000575	11,10	410	249	0,001245	22,75
205	118	0,00059	11,38	415	253	0,001265	23,03

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10-3mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	257	0,001285	23,31
425	260	0,0013	23,58
430	265	0,001325	23,86
435	269	0,001345	24,14
440	273	0,001365	24,42
445	278	0,00139	24,69
450	281	0,001405	24,97
455	285	0,001425	25,25
460	290	0,00145	25,53
465	296	0,00148	25,80
470	302	0,00151	26,08
475	306	0,00153	26,36
480	311	0,001555	26,64
485	316	0,00158	26,91
490	322	0,00161	27,19
495	329	0,001645	27,47
500	335	0,001675	27,75
505	342	0,00171	28,02
510	351	0,001755	28,30
515	359	0,001795	28,58
520	368	0,00184	28,86
525	376	0,00188	29,13
530	384	0,00192	29,41
535	392	0,00196	29,69
540	404	0,00202	29,97
545	413	0,002065	30,24
550	425	0,002125	30,52
555	439	0,002195	30,80
560	454	0,00227	31,07
565	465	0,002325	31,35
570	484	0,00242	31,63
575	496	0,00248	31,91
580	515	0,002575	32,18
585	536	0,00268	32,46
590	561	0,002805	32,74
594	-	-	32,96



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## Benda uji 5

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	71	0,000355	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	72	0,000360	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	74	0,000370	12,21
15	7	0,000035	0,83	225	76	0,000380	12,49
20	9	0,000045	1,11	230	78	0,000390	12,76
25	10	0,000050	1,39	235	80	0,000400	13,04
30	11	0,000055	1,66	240	82	0,000410	13,32
35	14	0,000070	1,94	245	84	0,000420	13,60
40	16	0,000080	2,22	250	86	0,000430	13,87
45	18	0,000090	2,50	255	88	0,000440	14,15
50	20	0,000100	2,77	260	90	0,000450	14,43
55	22	0,000110	3,05	265	92	0,000460	14,71
60	24	0,000120	3,33	270	94	0,000470	14,98
65	26	0,000130	3,61	275	96	0,000480	15,26
70	28	0,000140	3,88	280	98	0,000490	15,54
75	30	0,000150	4,16	285	101	0,000505	15,81
80	32	0,000160	4,44	290	104	0,000520	16,09
85	34	0,000170	4,72	295	106	0,000530	16,37
90	35	0,000175	4,99	300	107	0,000535	16,65
95	36	0,000180	5,27	305	110	0,000550	16,92
100	38	0,000190	5,55	310	112	0,000560	17,20
105	40	0,000200	5,83	315	114	0,000570	17,48
110	42	0,000210	6,10	320	116	0,000580	17,76
115	44	0,000220	6,38	325	119	0,000595	18,03
120	45	0,000225	6,66	330	121	0,000605	18,31
125	46	0,000230	6,94	335	123	0,000615	18,59
130	48	0,000240	7,21	340	126	0,000630	18,87
135	50	0,000250	7,49	345	128	0,000640	19,14
140	52	0,000260	7,77	350	131	0,000655	19,42
145	54	0,000270	8,05	355	133	0,000665	19,70
150	55	0,000275	8,32	360	135	0,000675	19,98
155	56	0,000280	8,60	365	144	0,000720	20,25
160	57	0,000285	8,88	370	145	0,000725	20,53
165	58	0,000290	9,16	375	147	0,000735	20,81
170	59	0,000295	9,43	380	150	0,000750	21,09
175	61	0,000305	9,71	385	153	0,000765	21,36
180	62	0,000310	9,99	390	155	0,000775	21,64
185	64	0,000320	10,27	395	158	0,000790	21,92
190	65	0,000325	10,54	400	161	0,000805	22,20
195	67	0,000335	10,82	405	163	0,000815	22,47
200	67	0,000335	11,10	410	167	0,000835	22,75
205	69	0,000345	11,38	415	169	0,000845	23,03

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10-3mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	172	0,000860	23,31
425	175	0,000875	23,58
430	178	0,000890	23,86
435	181	0,000905	24,14
440	184	0,000920	24,42
445	188	0,000940	24,69
450	191	0,000955	24,97
455	193	0,000965	25,25
460	197	0,000985	25,53
465	200	0,001000	25,80
470	204	0,001020	26,08
475	208	0,001040	26,36
480	212	0,001060	26,64
485	215	0,001075	26,91
490	219	0,001095	27,19
495	222	0,001110	27,47
500	226	0,001130	27,75
505	230	0,001150	28,02
510	234	0,001170	28,30
515	238	0,001190	28,58
520	243	0,001215	28,86
525	248	0,001240	29,13
530	252	0,001260	29,41
535	257	0,001285	29,69
540	262	0,001310	29,97
545	268	0,001340	30,24
550	273	0,001365	30,52
555	279	0,001395	30,80
560	282	0,001410	31,07
565	291	0,001455	31,35
570	298	0,001490	31,63
575	308	0,001540	31,91
580	322	0,001610	32,18
582	-	-	32,30

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## Benda uji 6

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	134	0,000670	11,65
5	1	0,000005	0,28	215	138	0,000690	11,93
10	3	0,000015	0,55	220	141	0,000705	12,21
15	5	0,000025	0,83	225	143	0,000715	12,49
20	7	0,000035	1,11	230	147	0,000735	12,76
25	10	0,000050	1,39	235	150	0,000750	13,04
30	12	0,000060	1,66	240	153	0,000765	13,32
35	15	0,000075	1,94	245	158	0,000790	13,60
40	17	0,000085	2,22	250	160	0,000800	13,87
45	19	0,000095	2,50	255	163	0,000815	14,15
50	21	0,000105	2,77	260	166	0,000830	14,43
55	23	0,000115	3,05	265	170	0,000850	14,71
60	25	0,000125	3,33	270	173	0,000865	14,98
65	30	0,000150	3,61	275	176	0,000880	15,26
70	33	0,000165	3,88	280	179	0,000895	15,54
75	36	0,000180	4,16	285	182	0,000910	15,81
80	40	0,000200	4,44	290	186	0,000930	16,09
85	45	0,000225	4,72	295	189	0,000945	16,37
90	49	0,000245	4,99	300	192	0,000960	16,65
95	53	0,000265	5,27	305	196	0,000980	16,92
100	58	0,000290	5,55	310	199	0,000995	17,20
105	62	0,000310	5,83	315	202	0,001010	17,48
110	65	0,000325	6,10	320	204	0,001020	17,76
115	70	0,000350	6,38	325	207	0,001035	18,03
120	74	0,000370	6,66	330	212	0,001060	18,31
125	78	0,000390	6,94	335	215	0,001075	18,59
130	81	0,000405	7,21	340	218	0,001090	18,87
135	83	0,000415	7,49	345	222	0,001110	19,14
140	87	0,000435	7,77	350	224	0,001120	19,42
145	91	0,000455	8,05	355	227	0,001135	19,70
150	95	0,000475	8,32	360	231	0,001155	19,98
155	98	0,000490	8,60	365	234	0,001170	20,25
160	103	0,000515	8,88	370	238	0,001190	20,53
165	107	0,000535	9,16	375	242	0,001210	20,81
170	110	0,000550	9,43	380	246	0,001230	21,09
175	112	0,000560	9,71	385	248	0,001240	21,36
180	116	0,000580	9,99	390	252	0,001260	21,64
185	119	0,000595	10,27	395	256	0,001280	21,92
190	122	0,000610	10,54	400	260	0,001300	22,20
195	125	0,000625	10,82	405	263	0,001315	22,47
200	128	0,000640	11,10	410	267	0,001335	22,75
205	131	0,000655	11,38	415	271	0,001355	23,03



P (KN)	Perpendekan (x10-3mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	275	0,001375	23,31
425	278	0,001390	23,58
430	282	0,001410	23,86
435	287	0,001435	24,14
440	291	0,001455	24,42
445	295	0,001475	24,69
450	298	0,001490	24,97
455	304	0,001520	25,25
460	307	0,001535	25,53
465	312	0,001560	25,80
470	316	0,001580	26,08
475	321	0,001605	26,36
480	325	0,001625	26,64
485	330	0,001650	26,91
490	335	0,001675	27,19
495	340	0,001700	27,47
500	345	0,001725	27,75
505	350	0,001750	28,02
510	356	0,001780	28,30
515	362	0,001810	28,58
520	368	0,001840	28,86
525	373	0,001865	29,13
530	380	0,001900	29,41
535	387	0,001935	29,69
540	395	0,001975	29,97
545	408	0,002040	30,24
550	417	0,002085	30,52
555	427	0,002135	30,80
560	442	0,002210	31,07
565	458	0,002290	31,35
570	471	0,002355	31,63
575	493	0,002465	31,91
580	514	0,002570	32,18
585	555	0,002775	32,46
586	-	-	32,52



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## Benda uji 7

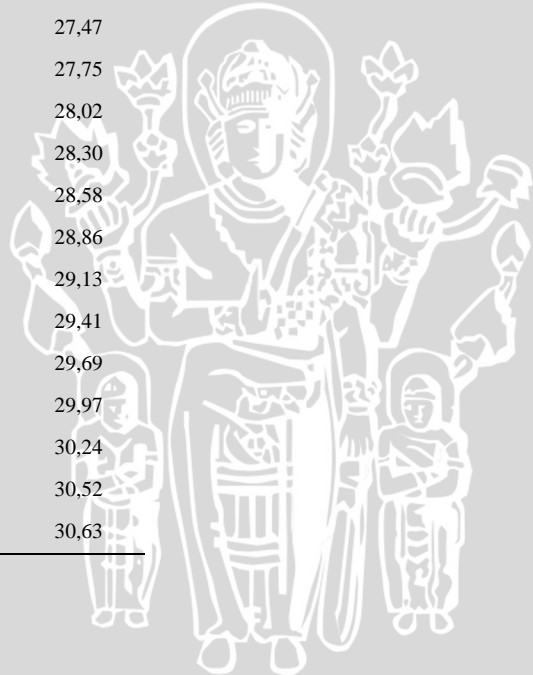
P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	173	0,000865	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	178	0,000890	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	182	0,000910	12,21
15	12	0,000060	0,83	225	186	0,000930	12,49
20	18	0,000090	1,11	230	190	0,000950	12,76
25	21	0,000105	1,39	235	194	0,000970	13,04
30	25	0,000125	1,66	240	196	0,000980	13,32
35	28	0,000140	1,94	245	202	0,001010	13,60
40	34	0,000170	2,22	250	204	0,001020	13,87
45	37	0,000185	2,50	255	209	0,001045	14,15
50	41	0,000205	2,77	260	211	0,001055	14,43
55	45	0,000225	3,05	265	212	0,001060	14,71
60	50	0,000250	3,33	270	212	0,001060	14,98
65	54	0,000270	3,61	275	217	0,001085	15,26
70	58	0,000290	3,88	280	224	0,001120	15,54
75	63	0,000315	4,16	285	230	0,001150	15,81
80	67	0,000335	4,44	290	234	0,001170	16,09
85	71	0,000355	4,72	295	238	0,001190	16,37
90	75	0,000375	4,99	300	242	0,001210	16,65
95	79	0,000395	5,27	305	246	0,001230	16,92
100	83	0,000415	5,55	310	250	0,001250	17,20
105	88	0,000440	5,83	315	255	0,001275	17,48
110	92	0,000460	6,10	320	259	0,001295	17,76
115	97	0,000485	6,38	325	263	0,001315	18,03
120	102	0,000510	6,66	330	267	0,001335	18,31
125	105	0,000525	6,94	335	271	0,001355	18,59
130	109	0,000545	7,21	340	275	0,001375	18,87
135	114	0,000570	7,49	345	278	0,001390	19,14
140	117	0,000585	7,77	350	287	0,001435	19,42
145	122	0,000610	8,05	355	299	0,001495	19,70
150	126	0,000630	8,32	360	337	0,001685	19,98
155	130	0,000650	8,60	365	340	0,001700	20,25
160	135	0,000675	8,88	370	356	0,001780	20,53
165	139	0,000695	9,16	375	362	0,001810	20,81
170	143	0,000715	9,43	380	368	0,001840	21,09
175	147	0,000735	9,71	385	371	0,001855	21,36
180	151	0,000755	9,99	390	379	0,001895	21,64
185	156	0,000780	10,27	395	422	0,002110	21,92
190	159	0,000795	10,54	400	456	0,002280	22,20
195	163	0,000815	10,82	402	-	-	22,31
200	167	0,000835	11,10				
205	171	0,000855	11,38				

## Benda uji 8

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	145	0,000725	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	148	0,000740	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	151	0,000755	12,21
15	8	0,000040	0,83	225	155	0,000775	12,49
20	13	0,000065	1,11	230	158	0,000790	12,76
25	17	0,000085	1,39	235	160	0,000800	13,04
30	20	0,000100	1,66	240	164	0,000820	13,32
35	24	0,000120	1,94	245	167	0,000835	13,60
40	28	0,000140	2,22	250	172	0,000860	13,87
45	32	0,000160	2,50	255	174	0,000870	14,15
50	35	0,000175	2,77	260	176	0,000880	14,43
55	39	0,000195	3,05	265	180	0,000900	14,71
60	43	0,000215	3,33	270	185	0,000925	14,98
65	46	0,000230	3,61	275	188	0,000940	15,26
70	50	0,000250	3,88	280	190	0,000950	15,54
75	53	0,000265	4,16	285	194	0,000970	15,81
80	58	0,000290	4,44	290	198	0,000990	16,09
85	61	0,000305	4,72	295	202	0,001010	16,37
90	66	0,000330	4,99	300	204	0,001020	16,65
95	69	0,000345	5,27	305	208	0,001040	16,92
100	73	0,000365	5,55	310	211	0,001055	17,20
105	76	0,000380	5,83	315	215	0,001075	17,48
110	80	0,000400	6,10	320	219	0,001095	17,76
115	83	0,000415	6,38	325	223	0,001115	18,03
120	87	0,000435	6,66	330	226	0,001130	18,31
125	91	0,000455	6,94	335	230	0,001150	18,59
130	94	0,000470	7,21	340	234	0,001170	18,87
135	97	0,000485	7,49	345	238	0,001190	19,14
140	100	0,000500	7,77	350	242	0,001210	19,42
145	104	0,000520	8,05	355	247	0,001235	19,70
150	107	0,000535	8,32	360	250	0,001250	19,98
155	110	0,000550	8,60	365	254	0,001270	20,25
160	114	0,000570	8,88	370	258	0,001290	20,53
165	117	0,000585	9,16	375	262	0,001310	20,81
170	120	0,000600	9,43	380	266	0,001330	21,09
175	123	0,000615	9,71	385	270	0,001350	21,36
180	126	0,000630	9,99	390	275	0,001375	21,64
185	129	0,000645	10,27	395	278	0,001390	21,92
190	132	0,000660	10,54	400	283	0,001415	22,20
195	135	0,000675	10,82	405	288	0,001440	22,47
200	138	0,000690	11,10	410	290	0,001450	22,75
205	142	0,000710	11,38	415	295	0,001475	23,03

P (KN)	Perpendekan (x10-3mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	300	0,001500	23,31
425	304	0,001520	23,58
430	308	0,001540	23,86
435	314	0,001570	24,14
440	319	0,001595	24,42
445	323	0,001615	24,69
450	326	0,001630	24,97
455	332	0,001660	25,25
460	338	0,001690	25,53
465	343	0,001715	25,80
470	348	0,001740	26,08
475	353	0,001765	26,36
480	358	0,001790	26,64
485	363	0,001815	26,91
490	369	0,001845	27,19
495	372	0,001860	27,47
500	378	0,001890	27,75
505	385	0,001925	28,02
510	392	0,001960	28,30
515	400	0,002000	28,58
520	405	0,002025	28,86
525	413	0,002065	29,13
530	422	0,002110	29,41
535	426	0,002130	29,69
540	435	0,002175	29,97
545	445	0,002225	30,24
550	463	0,002315	30,52
552	-	-	30,63

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

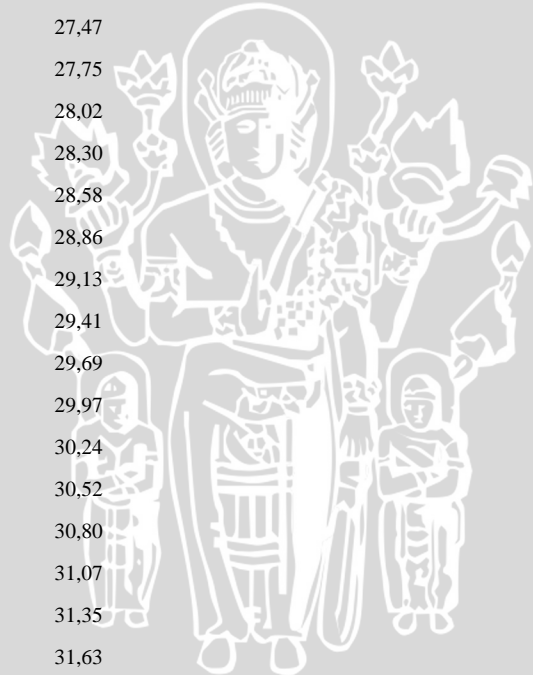


## Benda uji 9

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	87	0,000435	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	89	0,000445	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	92	0,000460	12,21
15	6	0,000030	0,83	225	94	0,000470	12,49
20	8	0,000040	1,11	230	96	0,000480	12,76
25	10	0,000050	1,39	235	98	0,000490	13,04
30	12	0,000060	1,66	240	101	0,000505	13,32
35	13	0,000065	1,94	245	103	0,000515	13,60
40	16	0,000080	2,22	250	106	0,000530	13,87
45	18	0,000090	2,50	255	108	0,000540	14,15
50	20	0,000100	2,77	260	110	0,000550	14,43
55	22	0,000110	3,05	265	112	0,000560	14,71
60	24	0,000120	3,33	270	115	0,000575	14,98
65	26	0,000130	3,61	275	118	0,000590	15,26
70	27	0,000135	3,88	280	120	0,000600	15,54
75	28	0,000140	4,16	285	123	0,000615	15,81
80	31	0,000155	4,44	290	126	0,000630	16,09
85	33	0,000165	4,72	295	128	0,000640	16,37
90	35	0,000175	4,99	300	131	0,000655	16,65
95	37	0,000185	5,27	305	133	0,000665	16,92
100	39	0,000195	5,55	310	136	0,000680	17,20
105	42	0,000210	5,83	315	139	0,000695	17,48
110	44	0,000220	6,10	320	141	0,000705	17,76
115	46	0,000230	6,38	325	144	0,000720	18,03
120	48	0,000240	6,66	330	146	0,000730	18,31
125	50	0,000250	6,94	335	149	0,000745	18,59
130	52	0,000260	7,21	340	153	0,000765	18,87
135	54	0,000270	7,49	345	156	0,000780	19,14
140	56	0,000280	7,77	350	159	0,000795	19,42
145	58	0,000290	8,05	355	162	0,000810	19,70
150	60	0,000300	8,32	360	165	0,000825	19,98
155	63	0,000315	8,60	365	167	0,000835	20,25
160	65	0,000325	8,88	370	170	0,000850	20,53
165	67	0,000335	9,16	375	173	0,000865	20,81
170	69	0,000345	9,43	380	177	0,000885	21,09
175	72	0,000360	9,71	385	180	0,000900	21,36
180	74	0,000370	9,99	390	183	0,000915	21,64
185	76	0,000380	10,27	395	186	0,000930	21,92
190	78	0,000390	10,54	400	189	0,000945	22,20
195	80	0,000400	10,82	405	193	0,000965	22,47
200	82	0,000410	11,10	410	196	0,000980	22,75
205	85	0,000425	11,38	415	199	0,000995	23,03

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10-3mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	203	0,001015	23,31
425	205	0,001025	23,58
430	209	0,001045	23,86
435	213	0,001065	24,14
440	222	0,001110	24,42
445	224	0,001120	24,69
450	225	0,001125	24,97
455	228	0,001140	25,25
460	230	0,001150	25,53
465	233	0,001165	25,80
470	237	0,001185	26,08
475	241	0,001205	26,36
480	244	0,001220	26,64
485	247	0,001235	26,91
490	252	0,001260	27,19
495	256	0,001280	27,47
500	260	0,001300	27,75
505	264	0,001320	28,02
510	268	0,001340	28,30
515	273	0,001365	28,58
520	278	0,001390	28,86
525	282	0,001410	29,13
530	286	0,001430	29,41
535	291	0,001455	29,69
540	297	0,001485	29,97
545	302	0,001510	30,24
550	308	0,001540	30,52
555	312	0,001560	30,80
560	317	0,001585	31,07
565	324	0,001620	31,35
570	328	0,001640	31,63
575	334	0,001670	31,91
580	343	0,001715	32,18
585	352	0,001760	32,46
590	358	0,001790	32,74
595	368	0,001840	33,02
600	378	0,001890	33,29
605	392	0,001960	33,57
610	413	0,002065	33,85
615	445	0,002225	34,13

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

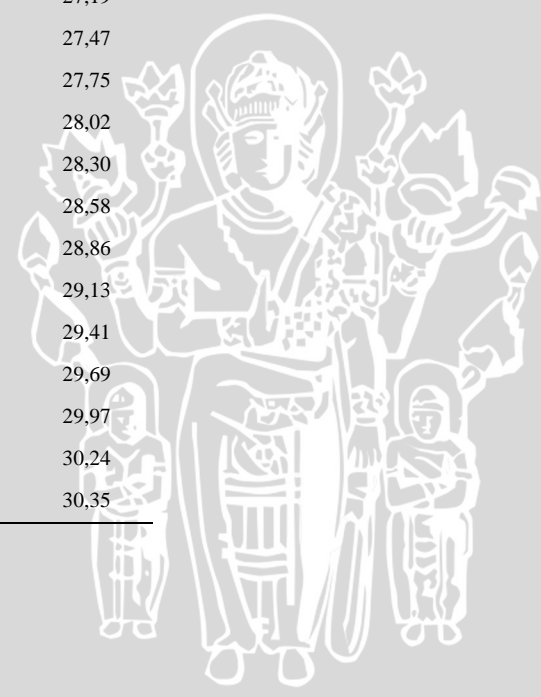


## Benda uji 10

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	63	0,000315	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	65	0,000325	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	68	0,000340	12,21
15	6	0,000030	0,83	225	69	0,000345	12,49
20	7	0,000035	1,11	230	70	0,000350	12,76
25	8	0,000040	1,39	235	72	0,000360	13,04
30	10	0,000050	1,66	240	73	0,000365	13,32
35	10	0,000050	1,94	245	76	0,000380	13,60
40	11	0,000055	2,22	250	78	0,000390	13,87
45	12	0,000060	2,50	255	80	0,000400	14,15
50	14	0,000070	2,77	260	82	0,000410	14,43
55	15	0,000075	3,05	265	84	0,000420	14,71
60	16	0,000080	3,33	270	85	0,000425	14,98
65	17	0,000085	3,61	275	87	0,000435	15,26
70	19	0,000095	3,88	280	90	0,000450	15,54
75	21	0,000105	4,16	285	92	0,000460	15,81
80	22	0,000110	4,44	290	94	0,000470	16,09
85	23	0,000115	4,72	295	96	0,000480	16,37
90	24	0,000120	4,99	300	98	0,000490	16,65
95	26	0,000130	5,27	305	100	0,000500	16,92
100	28	0,000140	5,55	310	102	0,000510	17,20
105	29	0,000145	5,83	315	104	0,000520	17,48
110	31	0,000155	6,10	320	106	0,000530	17,76
115	32	0,000160	6,38	325	109	0,000545	18,03
120	34	0,000170	6,66	330	111	0,000555	18,31
125	35	0,000175	6,94	335	114	0,000570	18,59
130	37	0,000185	7,21	340	116	0,000580	18,87
135	38	0,000190	7,49	345	117	0,000585	19,14
140	40	0,000200	7,77	350	119	0,000595	19,42
145	42	0,000210	8,05	355	121	0,000605	19,70
150	43	0,000215	8,32	360	124	0,000620	19,98
155	45	0,000225	8,60	365	126	0,000630	20,25
160	47	0,000235	8,88	370	129	0,000645	20,53
165	48	0,000240	9,16	375	131	0,000655	20,81
170	50	0,000250	9,43	380	134	0,000670	21,09
175	52	0,000260	9,71	385	136	0,000680	21,36
180	53	0,000265	9,99	390	139	0,000695	21,64
185	55	0,000275	10,27	395	141	0,000705	21,92
190	58	0,000290	10,54	400	144	0,000720	22,20
195	59	0,000295	10,82	405	146	0,000730	22,47
200	60	0,000300	11,10	410	148	0,000740	22,75
205	62	0,000310	11,38	415	153	0,000765	23,03

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10-3mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	154	0,000770	23,31
425	156	0,000780	23,58
430	159	0,000795	23,86
435	162	0,000810	24,14
440	164	0,000820	24,42
445	168	0,000840	24,69
450	171	0,000855	24,97
455	172	0,000860	25,25
460	176	0,000880	25,53
465	178	0,000890	25,80
470	181	0,000905	26,08
475	184	0,000920	26,36
480	187	0,000935	26,64
485	190	0,000950	26,91
490	192	0,000960	27,19
495	195	0,000975	27,47
500	199	0,000995	27,75
505	202	0,001010	28,02
510	204	0,001020	28,30
515	208	0,001040	28,58
520	213	0,001065	28,86
525	217	0,001085	29,13
530	221	0,001105	29,41
535	225	0,001125	29,69
540	231	0,001155	29,97
545	236	0,001180	30,24
550	-	-	30,35

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



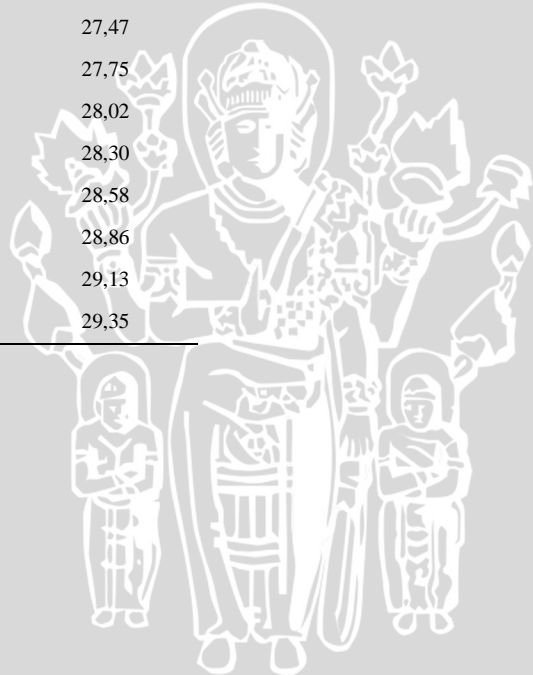


## Benda uji 11

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	98	0,000490	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	100	0,000500	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	103	0,000515	12,21
15	6	0,000030	0,83	225	106	0,000530	12,49
20	8	0,000040	1,11	230	109	0,000545	12,76
25	10	0,000050	1,39	235	112	0,000560	13,04
30	11	0,000055	1,66	240	114	0,000570	13,32
35	13	0,000065	1,94	245	117	0,000585	13,60
40	15	0,000075	2,22	250	121	0,000605	13,87
45	17	0,000085	2,50	255	124	0,000620	14,15
50	19	0,000095	2,77	260	128	0,000640	14,43
55	21	0,000105	3,05	265	130	0,000650	14,71
60	23	0,000115	3,33	270	134	0,000670	14,98
65	25	0,000125	3,61	275	136	0,000680	15,26
70	27	0,000135	3,88	280	139	0,000695	15,54
75	28	0,000140	4,16	285	143	0,000715	15,81
80	31	0,000155	4,44	290	146	0,000730	16,09
85	33	0,000165	4,72	295	148	0,000740	16,37
90	35	0,000175	4,99	300	153	0,000765	16,65
95	37	0,000185	5,27	305	155	0,000775	16,92
100	41	0,000205	5,55	310	159	0,000795	17,20
105	43	0,000215	5,83	315	163	0,000815	17,48
110	45	0,000225	6,10	320	165	0,000825	17,76
115	47	0,000235	6,38	325	169	0,000845	18,03
120	49	0,000245	6,66	330	172	0,000860	18,31
125	51	0,000255	6,94	335	176	0,000880	18,59
130	54	0,000270	7,21	340	179	0,000895	18,87
135	57	0,000285	7,49	345	184	0,000920	19,14
140	59	0,000295	7,77	350	188	0,000940	19,42
145	62	0,000310	8,05	355	191	0,000955	19,70
150	65	0,000325	8,32	360	194	0,000970	19,98
155	66	0,000330	8,60	365	197	0,000985	20,25
160	68	0,000340	8,88	370	203	0,001015	20,53
165	72	0,000360	9,16	375	207	0,001035	20,81
170	74	0,000370	9,43	380	211	0,001055	21,09
175	76	0,000380	9,71	385	215	0,001075	21,36
180	80	0,000400	9,99	390	220	0,001100	21,64
185	82	0,000410	10,27	395	223	0,001115	21,92
190	85	0,000425	10,54	400	229	0,001145	22,20
195	87	0,000435	10,82	405	233	0,001165	22,47
200	90	0,000450	11,10	410	238	0,001190	22,75
205	94	0,000470	11,38	415	242	0,001210	23,03

P (KN)	Perpendekan (x10-3mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	246	0,001230	23,31
425	256	0,001280	23,58
430	262	0,001310	23,86
435	266	0,001330	24,14
440	273	0,001365	24,42
445	278	0,001390	24,69
450	284	0,001420	24,97
455	290	0,001450	25,25
460	294	0,001470	25,53
465	299	0,001495	25,80
470	305	0,001525	26,08
475	313	0,001565	26,36
480	318	0,001590	26,64
485	325	0,001625	26,91
490	333	0,001665	27,19
495	339	0,001695	27,47
500	350	0,001750	27,75
505	361	0,001805	28,02
510	372	0,001860	28,30
515	378	0,001890	28,58
520	392	0,001960	28,86
525	402	0,002010	29,13
530	-	-	29,35

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

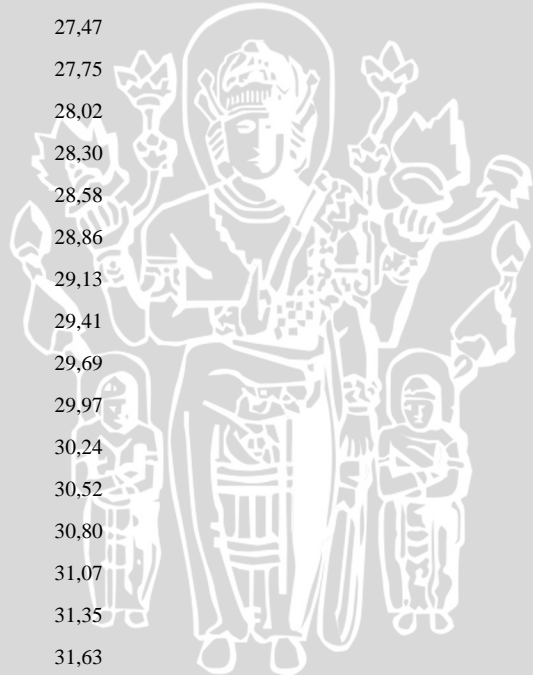


## Benda uji 12

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	40	0,000200	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	41	0,000205	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	42	0,000210	12,21
15	10	0,000050	0,83	225	44	0,000220	12,49
20	12	0,000060	1,11	230	45	0,000225	12,76
25	12	0,000060	1,39	235	48	0,000240	13,04
30	12	0,000060	1,66	240	48	0,000240	13,32
35	12	0,000060	1,94	245	50	0,000250	13,60
40	12	0,000060	2,22	250	51	0,000255	13,87
45	12	0,000060	2,50	255	52	0,000260	14,15
50	12	0,000060	2,77	260	53	0,000265	14,43
55	13	0,000065	3,05	265	55	0,000275	14,71
60	13	0,000065	3,33	270	58	0,000290	14,98
65	13	0,000065	3,61	275	59	0,000295	15,26
70	13	0,000065	3,88	280	60	0,000300	15,54
75	18	0,000090	4,16	285	62	0,000310	15,81
80	18	0,000090	4,44	290	64	0,000320	16,09
85	18	0,000090	4,72	295	66	0,000330	16,37
90	18	0,000090	4,99	300	67	0,000335	16,65
95	18	0,000090	5,27	305	69	0,000345	16,92
100	18	0,000090	5,55	310	71	0,000355	17,20
105	20	0,000100	5,83	315	74	0,000370	17,48
110	20	0,000100	6,10	320	75	0,000375	17,76
115	20	0,000100	6,38	325	78	0,000390	18,03
120	23	0,000115	6,66	330	79	0,000395	18,31
125	23	0,000115	6,94	335	81	0,000405	18,59
130	24	0,000120	7,21	340	84	0,000420	18,87
135	25	0,000125	7,49	345	85	0,000425	19,14
140	26	0,000130	7,77	350	87	0,000435	19,42
145	27	0,000135	8,05	355	89	0,000445	19,70
150	28	0,000140	8,32	360	91	0,000455	19,98
155	29	0,000145	8,60	365	93	0,000465	20,25
160	30	0,000150	8,88	370	95	0,000475	20,53
165	31	0,000155	9,16	375	97	0,000485	20,81
170	32	0,000160	9,43	380	99	0,000495	21,09
175	33	0,000165	9,71	385	101	0,000505	21,36
180	34	0,000170	9,99	390	103	0,000515	21,64
185	35	0,000175	10,27	395	105	0,000525	21,92
190	36	0,000180	10,54	400	107	0,000535	22,20
195	37	0,000185	10,82	405	109	0,000545	22,47
200	38	0,000190	11,10	410	112	0,000560	22,75
205	39	0,000195	11,38	415	115	0,000575	23,03

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10-3mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	118	0,000590	23,31
425	120	0,000600	23,58
430	122	0,000610	23,86
435	125	0,000625	24,14
440	128	0,000640	24,42
445	130	0,000650	24,69
450	133	0,000665	24,97
455	136	0,000680	25,25
460	139	0,000695	25,53
465	142	0,000710	25,80
470	144	0,000720	26,08
475	147	0,000735	26,36
480	149	0,000745	26,64
485	153	0,000765	26,91
490	156	0,000780	27,19
495	159	0,000795	27,47
500	161	0,000805	27,75
505	166	0,000830	28,02
510	169	0,000845	28,30
515	173	0,000865	28,58
520	176	0,000880	28,86
525	179	0,000895	29,13
530	186	0,000930	29,41
535	189	0,000945	29,69
540	190	0,000950	29,97
545	197	0,000985	30,24
550	201	0,001005	30,52
555	203	0,001015	30,80
560	207	0,001035	31,07
565	210	0,001050	31,35
570	214	0,001070	31,63
575	218	0,001090	31,91
580	223	0,001115	32,18
585	227	0,001135	32,46
590	232	0,001160	32,74
595	237	0,001185	33,02
600	244	0,001220	33,29
605	250	0,001250	33,57
610	258	0,001290	33,85
612	-	-	33,96

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## Benda uji 13

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	250	0,001250	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	254	0,001270	11,93
10	9	0,000045	0,55	220	265	0,001325	12,21
15	16	0,000080	0,83	225	268	0,001340	12,49
20	24	0,000120	1,11	230	270	0,001350	12,76
25	29	0,000145	1,39	235	272	0,001360	13,04
30	38	0,000190	1,66	240	274	0,001370	13,32
35	48	0,000240	1,94	245	277	0,001385	13,60
40	56	0,000280	2,22	250	279	0,001395	13,87
45	69	0,000345	2,50	255	282	0,001410	14,15
50	73	0,000365	2,77	260	285	0,001425	14,43
55	77	0,000385	3,05	265	288	0,001440	14,71
60	82	0,000410	3,33	270	291	0,001455	14,98
65	88	0,000440	3,61	275	294	0,001470	15,26
70	94	0,000470	3,88	280	297	0,001485	15,54
75	102	0,000510	4,16	285	300	0,001500	15,81
80	107	0,000535	4,44	290	303	0,001515	16,09
85	112	0,000560	4,72	295	306	0,001530	16,37
90	117	0,000585	4,99	300	309	0,001545	16,65
95	123	0,000615	5,27	305	312	0,001560	16,92
100	128	0,000640	5,55	310	316	0,001580	17,20
105	134	0,000670	5,83	315	319	0,001595	17,48
110	141	0,000705	6,10	320	322	0,001610	17,76
115	146	0,000730	6,38	325	337	0,001685	18,03
120	151	0,000755	6,66	330	340	0,001700	18,31
125	157	0,000785	6,94	335	356	0,001780	18,59
130	164	0,000820	7,21	340	362	0,001810	18,87
135	168	0,000840	7,49	345	368	0,001840	19,14
140	173	0,000865	7,77	350	371	0,001855	19,42
145	179	0,000895	8,05	355	379	0,001895	19,70
150	185	0,000925	8,32	360	422	0,002110	19,98
155	191	0,000955	8,60	365	456	0,002280	20,25
160	196	0,000980	8,88	370	472	0,002360	20,53
165	201	0,001005	9,16	375	488	0,002440	20,81
170	207	0,001035	9,43	380	514	0,002570	21,09
175	212	0,001060	9,71	385	536	0,002680	21,36
180	218	0,001090	9,99	390	575	0,002875	21,64
185	223	0,001115	10,27				
190	229	0,001145	10,54				
195	235	0,001175	10,82				
200	240	0,001200	11,10				
205	244	0,001220	11,38				

## Benda uji 14

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0	0	210	105	0,000525	11,65
5	1	0,000005	0,28	215	107	0,000535	11,93
10	2	0,00001	0,55	220	110	0,00055	12,21
15	4	0,00002	0,83	225	112	0,00056	12,49
20	6	0,00003	1,11	230	114	0,00057	12,76
25	9	0,000045	1,39	235	118	0,00059	13,04
30	12	0,00006	1,66	240	120	0,0006	13,32
35	14	0,00007	1,94	245	124	0,00062	13,60
40	17	0,000085	2,22	250	126	0,00063	13,87
45	20	0,0001	2,50	255	128	0,00064	14,15
50	23	0,000115	2,77	260	131	0,000655	14,43
55	26	0,00013	3,05	265	134	0,00067	14,71
60	29	0,000145	3,33	270	138	0,00069	14,98
65	31	0,000155	3,61	275	139	0,000695	15,26
70	34	0,00017	3,88	280	141	0,000705	15,54
75	37	0,000185	4,16	285	144	0,00072	15,81
80	39	0,000195	4,44	290	146	0,00073	16,09
85	42	0,00021	4,72	295	149	0,000745	16,37
90	44	0,00022	4,99	300	152	0,00076	16,65
95	47	0,000235	5,27	305	155	0,000775	16,92
100	50	0,00025	5,55	310	158	0,00079	17,20
105	52	0,00026	5,83	315	162	0,00081	17,48
110	55	0,000275	6,10	320	163	0,000815	17,76
115	57	0,000285	6,38	325	166	0,00083	18,03
120	59	0,000295	6,66	330	169	0,000845	18,31
125	62	0,00031	6,94	335	173	0,000865	18,59
130	64	0,00032	7,21	340	176	0,00088	18,87
135	67	0,000335	7,49	345	178	0,00089	19,14
140	69	0,000345	7,77	350	182	0,00091	19,42
145	72	0,00036	8,05	355	185	0,000925	19,70
150	74	0,00037	8,32	360	188	0,00094	19,98
155	77	0,000385	8,60	365	191	0,000955	20,25
160	79	0,000395	8,88	370	194	0,00097	20,53
165	81	0,000405	9,16	375	197	0,000985	20,81
170	84	0,00042	9,43	380	200	0,001	21,09
175	87	0,000435	9,71	385	204	0,00102	21,36
180	89	0,000445	9,99	390	207	0,001035	21,64
185	91	0,000455	10,27	395	211	0,001055	21,92
190	94	0,00047	10,54	400	214	0,00107	22,20
195	97	0,000485	10,82	405	218	0,00109	22,47
200	100	0,0005	11,10	410	221	0,001105	22,75
205	103	0,000515	11,38	415	224	0,00112	23,03

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10-3mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	228	0,00114	23,31
425	233	0,001165	23,58
430	237	0,001185	23,86
435	242	0,00121	24,14
440	245	0,001225	24,42
445	248	0,00124	24,69
450	252	0,00126	24,97
455	258	0,00129	25,25
460	262	0,00131	25,53
465	268	0,00134	25,80
470	271	0,001355	26,08
475	275	0,001375	26,36
480	280	0,0014	26,64
485	285	0,001425	26,91
490	290	0,00145	27,19
495	295	0,001475	27,47
500	301	0,001505	27,75
505	308	0,00154	28,02
510	314	0,00157	28,30
515	321	0,001605	28,58
520	328	0,00164	28,86
525	335	0,001675	29,13
530	342	0,00171	29,41
535	356	0,00178	29,69
540	365	0,001825	29,97
545	382	0,00191	30,24
547	-	-	30,35



## Benda uji 15

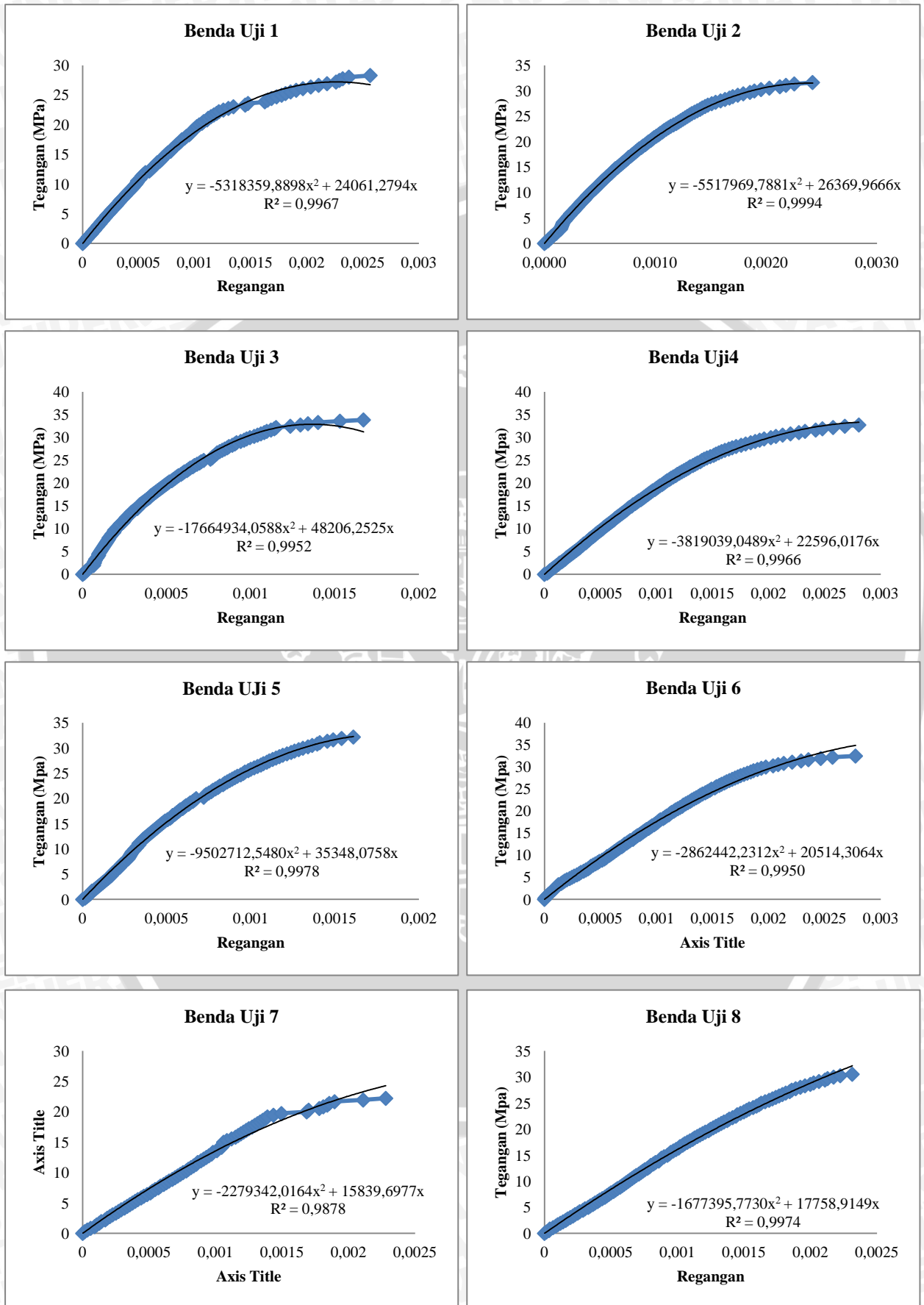
P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	59	0,000295	11,65
5	1	0,000005	0,28	215	61	0,000305	11,93
10	2	0,000010	0,55	220	63	0,000315	12,21
15	4	0,000020	0,83	225	64	0,000320	12,49
20	5	0,000025	1,11	230	66	0,000330	12,76
25	6	0,000030	1,39	235	67	0,000335	13,04
30	7	0,000035	1,66	240	69	0,000345	13,32
35	8	0,000040	1,94	245	71	0,000355	13,60
40	10	0,000050	2,22	250	73	0,000365	13,87
45	11	0,000055	2,50	255	75	0,000375	14,15
50	12	0,000060	2,77	260	77	0,000385	14,43
55	14	0,000070	3,05	265	79	0,000395	14,71
60	15	0,000075	3,33	270	81	0,000405	14,98
65	16	0,000080	3,61	275	83	0,000415	15,26
70	17	0,000085	3,88	280	85	0,000425	15,54
75	19	0,000095	4,16	285	88	0,000440	15,81
80	20	0,000100	4,44	290	89	0,000445	16,09
85	21	0,000105	4,72	295	91	0,000455	16,37
90	22	0,000110	4,99	300	93	0,000465	16,65
95	24	0,000120	5,27	305	95	0,000475	16,92
100	25	0,000125	5,55	310	96	0,000480	17,20
105	27	0,000135	5,83	315	98	0,000490	17,48
110	28	0,000140	6,10	320	100	0,000500	17,76
115	29	0,000145	6,38	325	102	0,000510	18,03
120	31	0,000155	6,66	330	105	0,000525	18,31
125	33	0,000165	6,94	335	106	0,000530	18,59
130	34	0,000170	7,21	340	109	0,000545	18,87
135	35	0,000175	7,49	345	111	0,000555	19,14
140	37	0,000185	7,77	350	113	0,000565	19,42
145	38	0,000190	8,05	355	115	0,000575	19,70
150	40	0,000200	8,32	360	117	0,000585	19,98
155	42	0,000210	8,60	365	119	0,000595	20,25
160	43	0,000215	8,88	370	122	0,000610	20,53
165	45	0,000225	9,16	375	124	0,000620	20,81
170	46	0,000230	9,43	380	127	0,000635	21,09
175	48	0,000240	9,71	385	130	0,000650	21,36
180	49	0,000245	9,99	390	132	0,000660	21,64
185	51	0,000255	10,27	395	134	0,000670	21,92
190	53	0,000265	10,54	400	136	0,000680	22,20
195	54	0,000270	10,82	405	140	0,000700	22,47
200	56	0,000280	11,10	410	143	0,000715	22,75
205	58	0,000290	11,38	415	146	0,000730	23,03

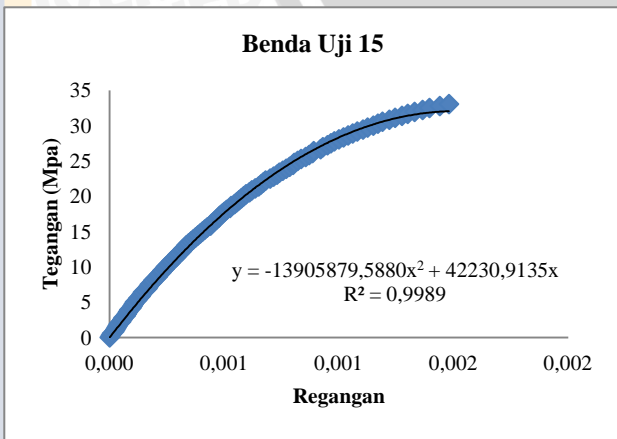
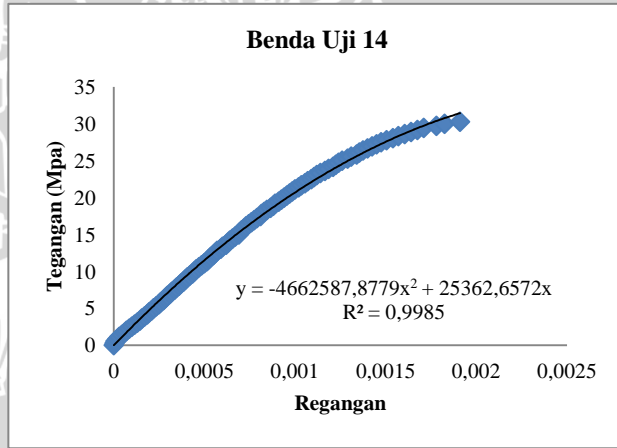
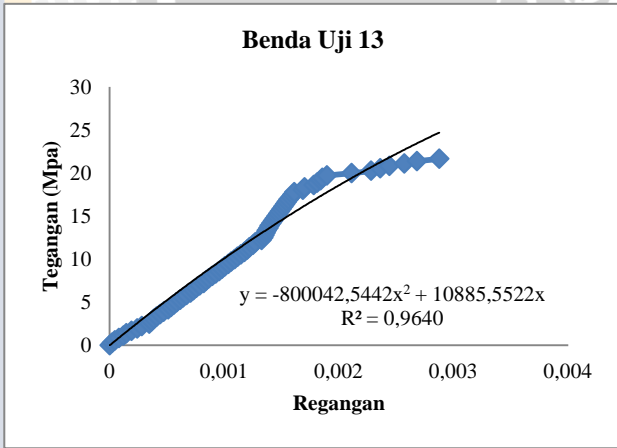
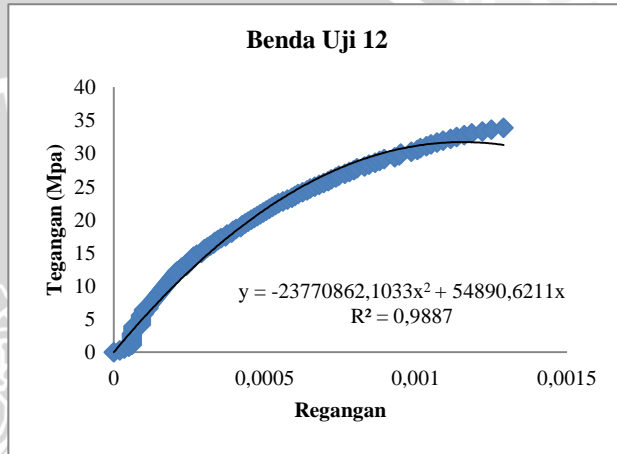
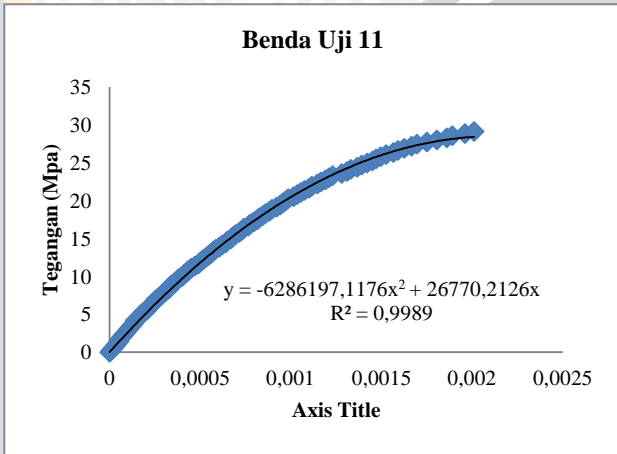
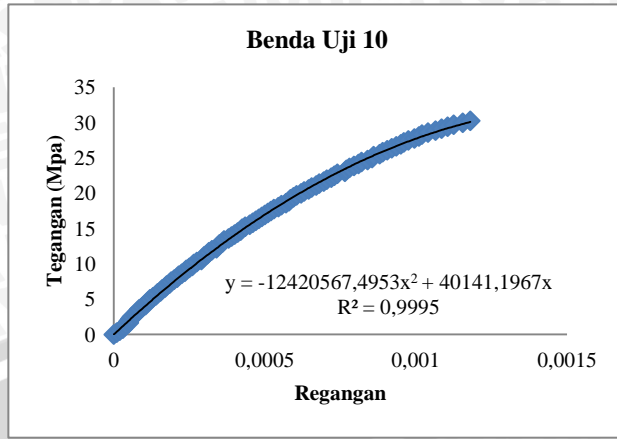
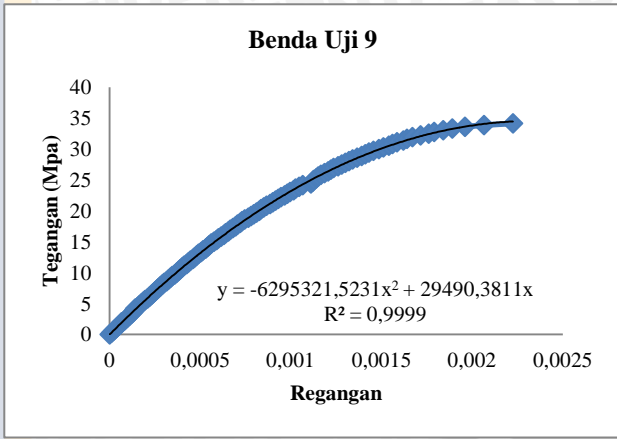


P (KN)	Perpendekan (x10-3mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	148	0,000740	23,31
425	151	0,000755	23,58
430	154	0,000770	23,86
435	157	0,000785	24,14
440	160	0,000800	24,42
445	161	0,000805	24,69
450	164	0,000820	24,97
455	167	0,000835	25,25
460	171	0,000855	25,53
465	174	0,000870	25,80
470	177	0,000885	26,08
475	178	0,000890	26,36
480	184	0,000920	26,64
485	186	0,000930	26,91
490	190	0,000950	27,19
495	193	0,000965	27,47
500	196	0,000980	27,75
505	200	0,001000	28,02
510	204	0,001020	28,30
515	208	0,001040	28,58
520	212	0,001060	28,86
525	216	0,001080	29,13
530	221	0,001105	29,41
535	225	0,001125	29,69
540	230	0,001150	29,97
545	234	0,001170	30,24
550	238	0,001190	30,52
555	244	0,001220	30,80
560	249	0,001245	31,07
565	255	0,001275	31,35
570	260	0,001300	31,63
575	266	0,001330	31,91
580	273	0,001365	32,18
585	279	0,001395	32,46
590	288	0,001440	32,74
595	296	0,001480	33,02
596	-	-	33,07



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar grafik hubungan tegangan regangan beton *onyx* FAS 0,4



## Daftar nilai modulus tiap benda uji

No.	$ax^2$	$bx$	$\epsilon_2$	$S_2$ (Mpa)	$\epsilon_1$	$S_1$ (Mpa)	$E_c$ (Mpa)
1	-5318359,89	24061,2794	0,000538182	11,40893091	0,00005	1,18976807	20933,11802
2	-5517969,79	26369,9666	0,000541038	12,65192727	0,00005	1,304703406	23108,6354
3	-17664934,1	48206,2525	0,000319709	13,60637091	0,00005	2,36615029	41675,36789
4	-3819039,05	22596,0176	0,000656291	13,18464	0,00005	1,120253282	19898,66352
5	-9502712,55	35348,0758	0,000410834	12,91828364	0,00005	1,743647009	30968,90153
6	-2862442,23	20514,3064	0,000703009	13,00706909	0,00005	1,018559214	18358,86025
7	-2279342,02	15839,6977	0,000618349	8,922938182	0,00005	0,78628653	14316,30247
8	-1677395,77	17758,9149	0,000741921	12,25239273	0,00005	0,883752256	16430,55019
9	-6295321,52	29490,3811	0,000520786	13,65076364	0,00005	1,458780751	25897,10221
10	-12420567,5	40141,1967	0,000337769	12,14141091	0,00005	1,976008416	35324,88743
11	-6286197,12	26770,2126	0,000496504	11,74187636	0,00005	1,322795137	23334,77819
12	-23770862,1	54890,6211	0,000281888	13,58417455	0,00005	2,6851039	47001,3458
13	-800042,544	10885,5522	0,000848099	8,656581818	0,00005	0,542277504	10167,03445
14	-4662587,88	25362,6572	0,000530437	12,14141091	0,00005	1,25647639	22656,31851
15	-13905879,6	42230,9135	0,000354677	13,22903273	0,00005	2,076780976	36603,5239





## Lampiran 3

Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton *Onyx* FAS 0,5

## Benda uji 1

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	195	92	0,000460	10,82
5	3	0,000015	0,28	200	94	0,000470	11,10
10	5	0,000025	0,55	205	97	0,000485	11,38
15	7	0,000035	0,83	210	100	0,000500	11,65
20	12	0,000060	1,11	215	102	0,000510	11,93
25	15	0,000075	1,39	220	106	0,000530	12,21
30	17	0,000085	1,66	225	109	0,000545	12,49
35	19	0,000095	1,94	230	112	0,000560	12,76
40	21	0,000105	2,22	235	115	0,000575	13,04
45	24	0,000120	2,50	240	117	0,000585	13,32
50	25	0,000125	2,77	245	120	0,000600	13,60
55	27	0,000135	3,05	250	124	0,000620	13,87
60	29	0,000145	3,33	255	128	0,000640	14,15
65	31	0,000155	3,61	260	130	0,000650	14,43
70	33	0,000165	3,88	265	134	0,000670	14,71
75	35	0,000175	4,16	270	136	0,000680	14,98
80	37	0,000185	4,44	275	141	0,000705	15,26
85	39	0,000195	4,72	280	144	0,000720	15,54
90	40	0,000200	4,99	285	146	0,000730	15,81
95	41	0,000205	5,27	290	150	0,000750	16,09
100	43	0,000215	5,55	295	154	0,000770	16,37
105	44	0,000220	5,83	300	158	0,000790	16,65
110	46	0,000230	6,10	305	162	0,000810	16,92
115	48	0,000240	6,38	310	166	0,000830	17,20
120	50	0,000250	6,66	315	169	0,000845	17,48
125	52	0,000260	6,94	320	173	0,000865	17,76
130	54	0,000270	7,21	325	178	0,000890	18,03
135	56	0,000280	7,49	330	181	0,000905	18,31
140	58	0,000290	7,77	335	185	0,000925	18,59
145	61	0,000305	8,05	340	190	0,000950	18,87
150	63	0,000315	8,32	345	193	0,000965	19,14
155	66	0,000330	8,60	350	199	0,000995	19,42
160	69	0,000345	8,88	355	203	0,001015	19,70
165	72	0,000360	9,16	360	209	0,001045	19,98
170	75	0,000375	9,43	365	214	0,001070	20,25
175	78	0,000390	9,71	370	219	0,001095	20,53
180	81	0,000405	9,99	375	224	0,001120	20,81
185	84	0,000420	10,27	380	229	0,001145	21,09
190	87	0,000435	10,54	385	235	0,001175	21,36

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (<math>\times 10^{-3}</math>mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
390	240	0,001200	21,64
395	244	0,001220	21,92
400	250	0,001250	22,20
405	256	0,001280	22,47
410	262	0,001310	22,75
415	269	0,001345	23,03
420	274	0,001370	23,31
425	280	0,001400	23,58
430	286	0,001430	23,86
435	292	0,001460	24,14
440	301	0,001505	24,42
445	310	0,001550	24,69
450	319	0,001595	24,97
455	329	0,001645	25,25
460	340	0,001700	25,53
465	-	-	25,58

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## Benda uji 2

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,00000	0	210	154	0,00077	11,65
5	4	0,00002	0,28	215	158	0,00079	11,93
10	8	0,00004	0,55	220	162	0,00081	12,21
15	12	0,00006	0,83	225	166	0,00083	12,49
20	16	0,00008	1,11	230	170	0,00085	12,76
25	20	0,00010	1,39	235	173	0,00087	13,04
30	23	0,00012	1,66	240	178	0,00089	13,32
35	27	0,00014	1,94	245	182	0,00091	13,60
40	30	0,00015	2,22	250	187	0,00094	13,87
45	33	0,00017	2,50	255	191	0,00096	14,15
50	37	0,00019	2,77	260	196	0,00098	14,43
55	41	0,00021	3,05	265	201	0,00101	14,71
60	44	0,00022	3,33	270	206	0,00103	14,98
65	46	0,00023	3,61	275	209	0,00105	15,26
70	51	0,00026	3,88	280	212	0,00106	15,54
75	55	0,00028	4,16	285	218	0,00109	15,81
80	58	0,00029	4,44	290	223	0,00112	16,09
85	61	0,00031	4,72	295	228	0,00114	16,37
90	67	0,00034	4,99	300	233	0,00117	16,65
95	70	0,00035	5,27	305	238	0,00119	16,92
100	74	0,00037	5,55	310	243	0,00122	17,20
105	78	0,00039	5,83	315	248	0,00124	17,48
110	82	0,00041	6,10	320	254	0,00127	17,76
115	84	0,00042	6,38	325	259	0,00130	18,03
120	88	0,00044	6,66	330	268	0,00134	18,31
125	92	0,00046	6,94	335	273	0,00137	18,59
130	96	0,00048	7,21	340	278	0,00139	18,87
135	100	0,00050	7,49	345	283	0,00142	19,14
140	104	0,00052	7,77	350	289	0,00145	19,42
145	107	0,00054	8,05	355	296	0,00148	19,70
150	110	0,00055	8,32	360	304	0,00152	19,98
155	114	0,00057	8,60	365	312	0,00156	20,25
160	119	0,00060	8,88	370	320	0,00160	20,53
165	121	0,00061	9,16	375	330	0,00165	20,81
170	125	0,00063	9,43	380	337	0,00169	21,09
175	128	0,00064	9,71	385	347	0,00174	21,36
180	132	0,00066	9,99	390	357	0,00179	21,64
185	136	0,00068	10,27	395	367	0,00184	21,92
190	139	0,00070	10,54	400	377	0,00189	22,20
195	143	0,00072	10,82	405	388	0,00194	22,47
200	148	0,00074	11,10	410	398	0,00199	22,75
205	151	0,00076	11,38	415	412	0,00206	23,03



## Benda uji 3

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	116	0,000580	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	120	0,000600	11,93
10	8	0,000040	0,55	220	124	0,000620	12,21
15	12	0,000060	0,83	225	126	0,000630	12,49
20	14	0,000070	1,11	230	130	0,000650	12,76
25	16	0,000080	1,39	235	134	0,000670	13,04
30	20	0,000100	1,66	240	137	0,000685	13,32
35	22	0,000110	1,94	245	140	0,000700	13,60
40	25	0,000125	2,22	250	144	0,000720	13,87
45	25	0,000125	2,50	255	148	0,000740	14,15
50	28	0,000140	2,77	260	152	0,000760	14,43
55	33	0,000165	3,05	265	156	0,000780	14,71
60	36	0,000180	3,33	270	158	0,000790	14,98
65	38	0,000190	3,61	275	162	0,000810	15,26
70	41	0,000205	3,88	280	165	0,000825	15,54
75	43	0,000215	4,16	285	169	0,000845	15,81
80	45	0,000225	4,44	290	173	0,000865	16,09
85	48	0,000240	4,72	295	178	0,000890	16,37
90	50	0,000250	4,99	300	181	0,000905	16,65
95	52	0,000260	5,27	305	184	0,000920	16,92
100	55	0,000275	5,55	310	189	0,000945	17,20
105	58	0,000290	5,83	315	193	0,000965	17,48
110	61	0,000305	6,10	320	197	0,000985	17,76
115	63	0,000315	6,38	325	201	0,001005	18,03
120	66	0,000330	6,66	330	205	0,001025	18,31
125	68	0,000340	6,94	335	213	0,001065	18,59
130	71	0,000355	7,21	340	218	0,001090	18,87
135	74	0,000370	7,49	345	221	0,001105	19,14
140	76	0,000380	7,77	350	226	0,001130	19,42
145	78	0,000390	8,05	355	229	0,001145	19,70
150	81	0,000405	8,32	360	236	0,001180	19,98
155	84	0,000420	8,60	365	241	0,001205	20,25
160	87	0,000435	8,88	370	248	0,001240	20,53
165	90	0,000450	9,16	375	252	0,001260	20,81
170	92	0,000460	9,43	380	259	0,001295	21,09
175	95	0,000475	9,71	385	266	0,001330	21,36
180	98	0,000490	9,99	390	271	0,001355	21,64
185	101	0,000505	10,27	395	277	0,001385	21,92
190	104	0,000520	10,54	400	283	0,001415	22,20
195	107	0,000535	10,82	405	289	0,001445	22,47
200	110	0,000550	11,10	410	297	0,001485	22,75
205	113	0,000565	11,38	415	304	0,001520	23,03

## Benda uji 4

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,00000	0	210	122	0,00061	11,65
5	2	0,00001	0,28	215	125	0,00063	11,93
10	4	0,00002	0,55	220	130	0,00065	12,21
15	7	0,00004	0,83	225	134	0,00067	12,49
20	10	0,00005	1,11	230	138	0,00069	12,76
25	12	0,00006	1,39	235	142	0,00071	13,04
30	15	0,00008	1,66	240	147	0,00074	13,32
35	17	0,00009	1,94	245	151	0,00076	13,60
40	19	0,00010	2,22	250	156	0,00078	13,87
45	22	0,00011	2,50	255	160	0,00080	14,15
50	24	0,00012	2,77	260	165	0,00083	14,43
55	27	0,00014	3,05	265	170	0,00085	14,71
60	29	0,00015	3,33	270	175	0,00088	14,98
65	32	0,00016	3,61	275	180	0,00090	15,26
70	34	0,00017	3,88	280	185	0,00093	15,54
75	37	0,00019	4,16	285	190	0,00095	15,81
80	39	0,00020	4,44	290	194	0,00097	16,09
85	41	0,00021	4,72	295	199	0,00100	16,37
90	44	0,00022	4,99	300	203	0,00102	16,65
95	46	0,00023	5,27	305	209	0,00105	16,92
100	50	0,00025	5,55	310	214	0,00107	17,20
105	53	0,00027	5,83	315	219	0,00110	17,48
110	56	0,00028	6,10	320	226	0,00113	17,76
115	59	0,00030	6,38	325	231	0,00116	18,03
120	62	0,00031	6,66	330	238	0,00119	18,31
125	64	0,00032	6,94	335	243	0,00122	18,59
130	68	0,00034	7,21	340	248	0,00124	18,87
135	71	0,00036	7,49	345	257	0,00129	19,14
140	74	0,00037	7,77	350	266	0,00133	19,42
145	78	0,00039	8,05	355	273	0,00137	19,70
150	80	0,00040	8,32	360	283	0,00142	19,98
155	84	0,00042	8,60	365	290	0,00145	20,25
160	86	0,00043	8,88	370	298	0,00149	20,53
165	90	0,00045	9,16	375	307	0,00154	20,81
170	93	0,00047	9,43	380	317	0,00159	21,09
175	96	0,00048	9,71	385	331	0,00166	21,36
180	99	0,00050	9,99	390	347	0,00174	21,64
185	103	0,00052	10,27	395	366	0,00183	21,92
190	107	0,00054	10,54	400	412	0,00206	22,20
195	110	0,00055	10,82	405	-	-	22,31
200	114	0,00057	11,10				
205	117	0,00059	11,38				

## Benda uji 5

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	144	0,000720	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	149	0,000745	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	154	0,000770	12,21
15	9	0,000045	0,83	225	159	0,000795	12,49
20	10	0,000050	1,11	230	164	0,000820	12,76
25	11	0,000055	1,39	235	169	0,000845	13,04
30	12	0,000060	1,66	240	175	0,000875	13,32
35	13	0,000065	1,94	245	181	0,000905	13,60
40	16	0,000080	2,22	250	187	0,000935	13,87
45	19	0,000095	2,50	255	192	0,000960	14,15
50	21	0,000105	2,77	260	198	0,000990	14,43
55	24	0,000120	3,05	265	205	0,001025	14,71
60	26	0,000130	3,33	270	212	0,001060	14,98
65	29	0,000145	3,61	275	219	0,001095	15,26
70	31	0,000155	3,88	280	223	0,001115	15,54
75	34	0,000170	4,16	285	229	0,001145	15,81
80	37	0,000185	4,44	290	234	0,001170	16,09
85	39	0,000195	4,72	295	241	0,001205	16,37
90	43	0,000215	4,99	300	250	0,001250	16,65
95	46	0,000230	5,27	305	257	0,001285	16,92
100	50	0,000250	5,55	310	265	0,001325	17,20
105	54	0,000270	5,83	315	273	0,001365	17,48
110	58	0,000290	6,10	320	282	0,001410	17,76
115	62	0,000310	6,38	325	292	0,001460	18,03
120	65	0,000325	6,66	330	302	0,001510	18,31
125	70	0,000350	6,94	335	310	0,001550	18,59
130	72	0,000360	7,21	340	319	0,001595	18,87
135	77	0,000385	7,49	345	326	0,001630	19,14
140	80	0,000400	7,77	350	331	0,001655	19,42
145	84	0,000420	8,05	355	337	0,001685	19,70
150	89	0,000445	8,32	360	342	0,001710	19,98
155	94	0,000470	8,60	365	349	0,001745	20,25
160	98	0,000490	8,88	370	356	0,001780	20,53
165	102	0,000510	9,16	375	364	0,001820	20,81
170	107	0,000535	9,43	380	369	0,001845	21,09
175	111	0,000555	9,71	385	377	0,001885	21,36
180	116	0,000580	9,99	390	390	0,001950	21,64
185	120	0,000600	10,27	395	407	0,002035	21,92
190	125	0,000625	10,54	400	421	0,002105	22,20
195	130	0,000650	10,82	405	442	0,002210	22,47
200	134	0,000670	11,10	410	465	0,002325	22,75
205	139	0,000695	11,38	415	488	0,002440	23,03

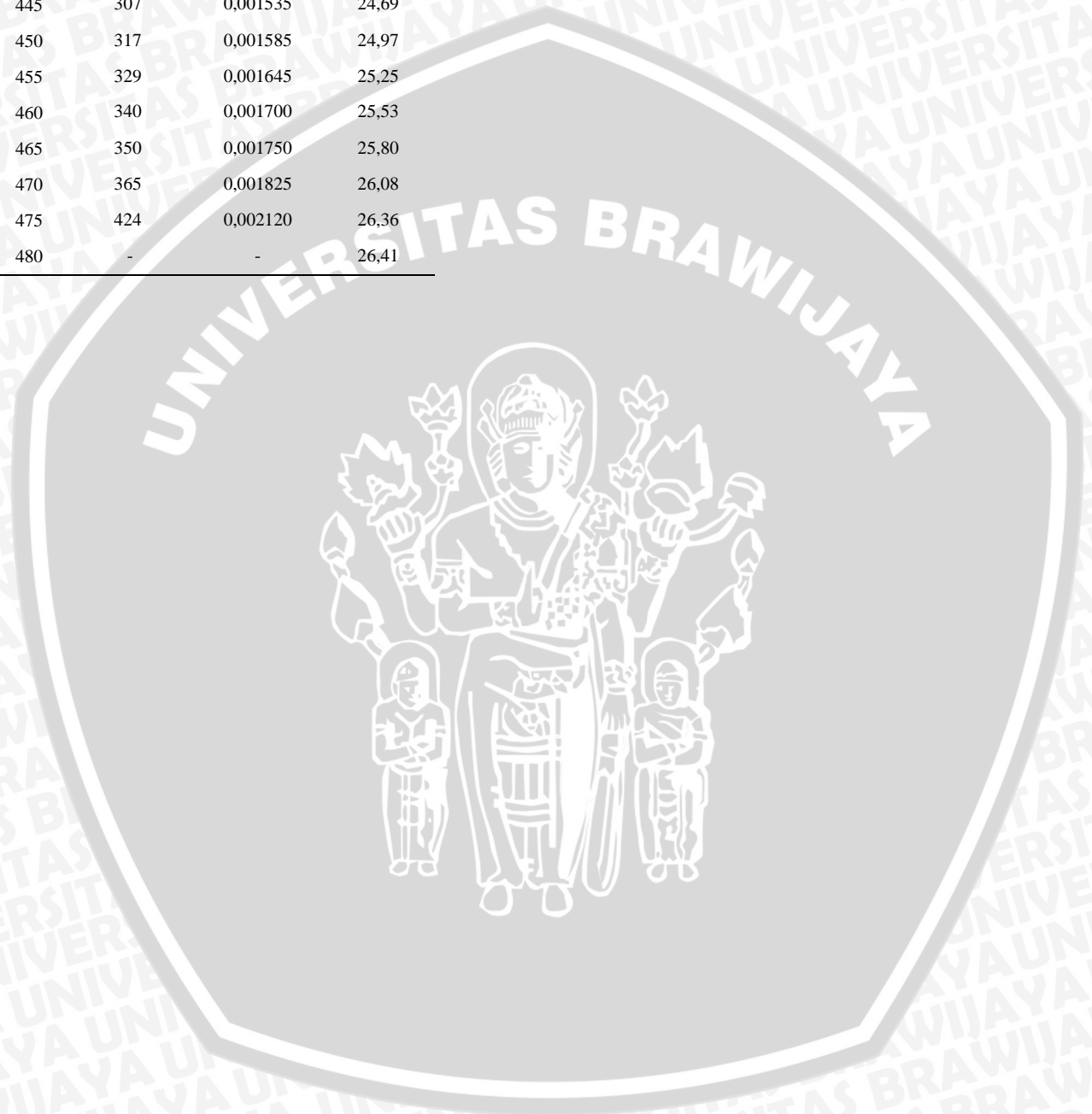
P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	495	0,002475	23,31
425	525	0,002625	23,58
430	565	0,002825	23,86



## Benda uji 6

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	87	0,000435	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	90	0,000450	11,93
10	6	0,000030	0,55	220	93	0,000465	12,21
15	10	0,000050	0,83	225	97	0,000485	12,49
20	13	0,000065	1,11	230	100	0,000500	12,76
25	15	0,000075	1,39	235	104	0,000520	13,04
30	16	0,000080	1,66	240	107	0,000535	13,32
35	16	0,000080	1,94	245	110	0,000550	13,60
40	18	0,000090	2,22	250	113	0,000565	13,87
45	18	0,000090	2,50	255	116	0,000580	14,15
50	18	0,000090	2,77	260	120	0,000600	14,43
55	19	0,000095	3,05	265	123	0,000615	14,71
60	19	0,000095	3,33	270	126	0,000630	14,98
65	20	0,000100	3,61	275	130	0,000650	15,26
70	21	0,000105	3,88	280	135	0,000675	15,54
75	22	0,000110	4,16	285	138	0,000690	15,81
80	23	0,000115	4,44	290	143	0,000715	16,09
85	25	0,000125	4,72	295	144	0,000720	16,37
90	27	0,000135	4,99	300	148	0,000740	16,65
95	28	0,000140	5,27	305	152	0,000760	16,92
100	30	0,000150	5,55	310	156	0,000780	17,20
105	32	0,000160	5,83	315	160	0,000800	17,48
110	34	0,000170	6,10	320	165	0,000825	17,76
115	36	0,000180	6,38	325	170	0,000850	18,03
120	38	0,000190	6,66	330	174	0,000870	18,31
125	40	0,000200	6,94	335	179	0,000895	18,59
130	43	0,000215	7,21	340	184	0,000920	18,87
135	45	0,000225	7,49	345	188	0,000940	19,14
140	48	0,000240	7,77	350	192	0,000960	19,42
145	51	0,000255	8,05	355	197	0,000985	19,70
150	54	0,000270	8,32	360	201	0,001005	19,98
155	56	0,000280	8,60	365	205	0,001025	20,25
160	58	0,000290	8,88	370	210	0,001050	20,53
165	62	0,000310	9,16	375	216	0,001080	20,81
170	64	0,000320	9,43	380	221	0,001105	21,09
175	67	0,000335	9,71	385	227	0,001135	21,36
180	69	0,000345	9,99	390	233	0,001165	21,64
185	72	0,000360	10,27	395	239	0,001195	21,92
190	75	0,000375	10,54	400	246	0,001230	22,20
195	78	0,000390	10,82	405	251	0,001255	22,47
200	81	0,000405	11,10	410	256	0,001280	22,75
205	84	0,000420	11,38	415	261	0,001305	23,03

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10<sup>-3</sup>mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	266	0,001330	23,31
425	273	0,001365	23,58
430	280	0,001400	23,86
435	287	0,001435	24,14
440	298	0,001490	24,42
445	307	0,001535	24,69
450	317	0,001585	24,97
455	329	0,001645	25,25
460	340	0,001700	25,53
465	350	0,001750	25,80
470	365	0,001825	26,08
475	424	0,002120	26,36
480	-	-	26,41



## Benda uji 7

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	121	0,000605	11,65
5	5	0,000025	0,28	215	124	0,000620	11,93
10	8	0,000040	0,55	220	127	0,000635	12,21
15	10	0,000050	0,83	225	130	0,000650	12,49
20	13	0,000065	1,11	230	134	0,000670	12,76
25	17	0,000085	1,39	235	138	0,000690	13,04
30	20	0,000100	1,66	240	141	0,000705	13,32
35	23	0,000115	1,94	245	145	0,000725	13,60
40	25	0,000125	2,22	250	149	0,000745	13,87
45	28	0,000140	2,50	255	152	0,000760	14,15
50	30	0,000150	2,77	260	156	0,000780	14,43
55	33	0,000165	3,05	265	161	0,000805	14,71
60	35	0,000175	3,33	270	165	0,000825	14,98
65	38	0,000190	3,61	275	169	0,000845	15,26
70	41	0,000205	3,88	280	175	0,000875	15,54
75	42	0,000210	4,16	285	179	0,000895	15,81
80	45	0,000225	4,44	290	183	0,000915	16,09
85	48	0,000240	4,72	295	188	0,000940	16,37
90	50	0,000250	4,99	300	194	0,000970	16,65
95	53	0,000265	5,27	305	198	0,000990	16,92
100	56	0,000280	5,55	310	205	0,001025	17,20
105	59	0,000295	5,83	315	210	0,001050	17,48
110	62	0,000310	6,10	320	216	0,001080	17,76
115	65	0,000325	6,38	325	223	0,001115	18,03
120	67	0,000335	6,66	330	230	0,001150	18,31
125	70	0,000350	6,94	335	237	0,001185	18,59
130	73	0,000365	7,21	340	244	0,001220	18,87
135	76	0,000380	7,49	345	251	0,001255	19,14
140	79	0,000395	7,77	350	257	0,001285	19,42
145	82	0,000410	8,05	355	265	0,001325	19,70
150	85	0,000425	8,32	360	273	0,001365	19,98
155	87	0,000435	8,60	365	282	0,001410	20,25
160	90	0,000450	8,88	370	292	0,001460	20,53
165	93	0,000465	9,16	375	304	0,001520	20,81
170	96	0,000480	9,43	380	318	0,001590	21,09
175	99	0,000495	9,71	385	330	0,001650	21,36
180	102	0,000510	9,99	390	344	0,001720	21,64
185	105	0,000525	10,27	395	356	0,001780	21,92
190	108	0,000540	10,54	400	371	0,001855	22,20
195	111	0,000555	10,82	405	386	0,001930	22,47
200	114	0,000570	11,10	410	405	0,002025	22,75
205	118	0,000590	11,38	415	434	0,002170	23,03

## Benda uji 8

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	172	0,000860	11,65
5	6	0,000030	0,28	215	176	0,000880	11,93
10	9	0,000045	0,55	220	180	0,000900	12,21
15	14	0,000070	0,83	225	186	0,000930	12,49
20	20	0,000100	1,11	230	191	0,000955	12,76
25	24	0,000120	1,39	235	196	0,000980	13,04
30	27	0,000135	1,66	240	202	0,001010	13,32
35	30	0,000150	1,94	245	207	0,001035	13,60
40	34	0,000170	2,22	250	212	0,001060	13,87
45	38	0,000190	2,50	255	218	0,001090	14,15
50	41	0,000205	2,77	260	222	0,001110	14,43
55	45	0,000225	3,05	265	229	0,001145	14,71
60	49	0,000245	3,33	270	235	0,001175	14,98
65	52	0,000260	3,61	275	241	0,001205	15,26
70	56	0,000280	3,88	280	248	0,001240	15,54
75	60	0,000300	4,16	285	256	0,001280	15,81
80	64	0,000320	4,44	290	262	0,001310	16,09
85	67	0,000335	4,72	295	269	0,001345	16,37
90	71	0,000355	4,99	300	273	0,001365	16,65
95	75	0,000375	5,27	305	285	0,001425	16,92
100	79	0,000395	5,55	310	294	0,001470	17,20
105	83	0,000415	5,83	315	303	0,001515	17,48
110	86	0,000430	6,10	320	312	0,001560	17,76
115	91	0,000455	6,38	325	321	0,001605	18,03
120	95	0,000475	6,66	330	329	0,001645	18,31
125	98	0,000490	6,94	335	335	0,001675	18,59
130	103	0,000515	7,21	340	344	0,001720	18,87
135	107	0,000535	7,49	345	353	0,001765	19,14
140	110	0,000550	7,77	350	364	0,001820	19,42
145	114	0,000570	8,05	355	375	0,001875	19,70
150	118	0,000590	8,32	360	387	0,001935	19,98
155	122	0,000610	8,60	365	402	0,002010	20,25
160	126	0,000630	8,88	370	414	0,002070	20,53
165	130	0,000650	9,16	375	427	0,002135	20,81
170	136	0,000680	9,43	380	442	0,002210	21,09
175	138	0,000690	9,71	385	458	0,002290	21,36
180	143	0,000715	9,99	390	482	0,002410	21,64
185	148	0,000740	10,27	395	491	0,002455	21,92
190	152	0,000760	10,54	400	504	0,002520	22,20
195	156	0,000780	10,82	405	535	0,002675	22,47
200	161	0,000805	11,10	410	592	0,002960	22,75
205	166	0,000830	11,38	411	-	-	22,81



## Benda uji 9

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	174	0,000870	11,65
5	5	0,000025	0,28	215	181	0,000905	11,93
10	8	0,000040	0,55	220	187	0,000935	12,21
15	12	0,000060	0,83	225	195	0,000975	12,49
20	14	0,000070	1,11	230	202	0,001010	12,76
25	17	0,000085	1,39	235	211	0,001055	13,04
30	20	0,000100	1,66	240	219	0,001095	13,32
35	23	0,000115	1,94	245	229	0,001145	13,60
40	26	0,000130	2,22	250	237	0,001185	13,87
45	29	0,000145	2,50	255	244	0,001220	14,15
50	32	0,000160	2,77	260	253	0,001265	14,43
55	35	0,000175	3,05	265	261	0,001305	14,71
60	38	0,000190	3,33				
65	41	0,000205	3,61				
70	44	0,000220	3,88				
75	46	0,000230	4,16				
80	49	0,000245	4,44				
85	53	0,000265	4,72				
90	56	0,000280	4,99				
95	59	0,000295	5,27				
100	62	0,000310	5,55				
105	66	0,000330	5,83				
110	69	0,000345	6,10				
115	72	0,000360	6,38				
120	75	0,000375	6,66				
125	79	0,000395	6,94				
130	85	0,000425	7,21				
135	90	0,000450	7,49				
140	99	0,000495	7,77				
145	104	0,000520	8,05				
150	107	0,000535	8,32				
155	112	0,000560	8,60				
160	117	0,000585	8,88				
165	123	0,000615	9,16				
170	128	0,000638	9,43				
175	133	0,000665	9,71				
180	140	0,000700	9,99				
185	145	0,000725	10,27				
190	150	0,000750	10,54				
195	155	0,000775	10,82				
200	162	0,000810	11,10				
205	168	0,000838	11,38				



## Benda uji 10

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	169	0,000845	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	176	0,000880	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	182	0,000910	12,21
15	10	0,000050	0,83	225	190	0,000950	12,49
20	13	0,000065	1,11	230	197	0,000985	12,76
25	16	0,000080	1,39	235	206	0,001030	13,04
30	18	0,000090	1,66	240	214	0,001070	13,32
35	21	0,000105	1,94	245	224	0,001120	13,60
40	25	0,000125	2,22	250	232	0,001160	13,87
45	27	0,000135	2,50	255	239	0,001195	14,15
50	29	0,000145	2,77	260	248	0,001240	14,43
55	32	0,000160	3,05	265	256	0,001280	14,71
60	35	0,000175	3,33	270	266	0,001330	14,98
65	38	0,000190	3,61	275	276	0,001380	15,26
70	42	0,000210	3,88	280	292	0,001460	15,54
75	45	0,000225	4,16	285	305	0,001525	15,81
80	48	0,000240	4,44	290	314	0,001570	16,09
85	52	0,000260	4,72	295	324	0,001620	16,37
90	55	0,000275	4,99	300	337	0,001685	16,65
95	59	0,000295	5,27	301	-	-	16,70
100	63	0,000315	5,55				
105	67	0,000335	5,83				
110	69	0,000345	6,10				
115	74	0,000370	6,38				
120	78	0,000390	6,66				
125	82	0,000410	6,94				
130	85	0,000425	7,21				
135	90	0,000450	7,49				
140	94	0,000470	7,77				
145	99	0,000495	8,05				
150	102	0,000510	8,32				
155	107	0,000535	8,60				
160	112	0,000560	8,88				
165	118	0,000590	9,16				
170	122,5	0,000613	9,43				
175	128	0,000640	9,71				
180	135	0,000675	9,99				
185	140	0,000700	10,27				
190	145	0,000725	10,54				
195	150	0,000750	10,82				
200	157	0,000785	11,10				
205	162,5	0,000813	11,38				

## Benda uji 11

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	114	0,000570	11,65
5	5	0,000025	0,28	215	117	0,000585	11,93
10	8	0,000040	0,55	220	121	0,000605	12,21
15	12	0,000060	0,83	225	125	0,000625	12,49
20	14	0,000070	1,11	230	128	0,000640	12,76
25	16	0,000080	1,39	235	132	0,000660	13,04
30	18	0,000090	1,66	240	135	0,000675	13,32
35	20	0,000100	1,94	245	138	0,000690	13,60
40	21	0,000105	2,22	250	142	0,000710	13,87
45	23	0,000115	2,50	255	147	0,000735	14,15
50	25	0,000125	2,77	260	149	0,000745	14,43
55	30	0,000150	3,05	265	154	0,000770	14,71
60	33	0,000165	3,33	270	157	0,000785	14,98
65	35	0,000175	3,61	275	161	0,000805	15,26
70	37	0,000185	3,88	280	165	0,000825	15,54
75	39	0,000195	4,16	285	169	0,000845	15,81
80	41	0,000205	4,44	290	174	0,000870	16,09
85	43	0,000215	4,72	295	178	0,000890	16,37
90	46	0,000230	4,99	300	182	0,000910	16,65
95	48	0,000240	5,27	305	188	0,000940	16,92
100	50	0,000250	5,55	310	191	0,000955	17,20
105	53	0,000265	5,83	315	198	0,000990	17,48
110	55	0,000275	6,10	320	203	0,001015	17,76
115	58	0,000290	6,38	325	208	0,001040	18,03
120	61	0,000305	6,66	330	212	0,001060	18,31
125	64	0,000320	6,94	335	218	0,001090	18,59
130	66	0,000330	7,21	340	225	0,001125	18,87
135	68	0,000340	7,49	345	230	0,001150	19,14
140	72	0,000360	7,77	350	236	0,001180	19,42
145	75	0,000375	8,05	355	244	0,001220	19,70
150	77	0,000385	8,32	360	250	0,001250	19,98
155	80	0,000400	8,60	365	258	0,001290	20,25
160	82	0,000410	8,88	370	268	0,001340	20,53
165	85	0,000425	9,16	375	273	0,001365	20,81
170	88	0,000440	9,43	380	282	0,001410	21,09
175	92	0,000460	9,71	385	290	0,001450	21,36
180	95	0,000475	9,99	390	299	0,001495	21,64
185	98	0,000490	10,27	395	308	0,001540	21,92
190	101	0,000505	10,54	400	316	0,001580	22,20
195	104	0,000520	10,82	405	326	0,001630	22,47
200	107	0,000535	11,10	410	335	0,001675	22,75
205	109	0,000545	11,38	415	349	0,001745	23,03

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	361	0,001805	23,31
425	378	0,001890	23,58
430	399	0,001995	23,86
435	469	0,002345	24,14



## Benda uji 12

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	110	0,000550	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	113	0,000565	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	117	0,000585	12,21
15	6	0,000030	0,83	225	120	0,000600	12,49
20	8	0,000040	1,11	230	123	0,000615	12,76
25	11	0,000055	1,39	235	127	0,000635	13,04
30	12	0,000060	1,66	240	131	0,000655	13,32
35	15	0,000075	1,94	245	134	0,000670	13,60
40	18	0,000090	2,22	250	139	0,000695	13,87
45	20	0,000100	2,50	255	143	0,000715	14,15
50	22	0,000110	2,77	260	146	0,000730	14,43
55	24	0,000120	3,05	265	150	0,000750	14,71
60	27	0,000135	3,33	270	154	0,000770	14,98
65	29	0,000145	3,61	275	159	0,000795	15,26
70	31	0,000155	3,88	280	162	0,000810	15,54
75	34	0,000170	4,16	285	166	0,000830	15,81
80	36	0,000180	4,44	290	170	0,000850	16,09
85	39	0,000195	4,72	295	176	0,000880	16,37
90	41	0,000205	4,99	300	180	0,000900	16,65
95	44	0,000220	5,27	305	185	0,000925	16,92
100	46	0,000230	5,55	310	190	0,000950	17,20
105	49	0,000245	5,83	315	195	0,000975	17,48
110	52	0,000260	6,10	320	200	0,001000	17,76
115	54	0,000270	6,38	325	206	0,001030	18,03
120	57	0,000285	6,66	330	211	0,001055	18,31
125	59	0,000295	6,94	335	215	0,001075	18,59
130	62	0,000310	7,21	340	222	0,001110	18,87
135	66	0,000330	7,49	345	229	0,001145	19,14
140	68	0,000340	7,77	350	235	0,001175	19,42
145	71	0,000355	8,05	355	243	0,001215	19,70
150	74	0,000370	8,32	360	248	0,001240	19,98
155	76	0,000380	8,60	365	259	0,001295	20,25
160	79	0,000395	8,88	370	268	0,001340	20,53
165	82	0,000410	9,16	375	275	0,001375	20,81
170	84	0,000420	9,43	380	283	0,001415	21,09
175	88	0,000440	9,71	385	293	0,001465	21,36
180	91	0,000455	9,99	390	303	0,001515	21,64
185	95	0,000475	10,27	395	316	0,001580	21,92
190	98	0,000490	10,54	400	330	0,001650	22,20
195	101	0,000505	10,82	405	350	0,001750	22,47
200	103	0,000515	11,10	410	380	0,001900	22,75
205	107	0,000535	11,38	415	420	0,002100	23,03

## Benda uji 13

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	144	0,000720	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	149	0,000745	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	154	0,000770	12,21
15	9	0,000045	0,83	225	159	0,000795	12,49
20	10	0,000050	1,11	230	164	0,000820	12,76
25	11	0,000055	1,39	235	169	0,000845	13,04
30	12	0,000060	1,66	240	175	0,000875	13,32
35	13	0,000065	1,94	245	181	0,000905	13,60
40	16	0,000080	2,22	250	187	0,000935	13,87
45	19	0,000095	2,50	255	192	0,000960	14,15
50	21	0,000105	2,77	260	198	0,000990	14,43
55	24	0,000120	3,05	265	205	0,001025	14,71
60	26	0,000130	3,33	270	212	0,001060	14,98
65	29	0,000145	3,61	275	219	0,001095	15,26
70	31	0,000155	3,88	280	223	0,001115	15,54
75	34	0,000170	4,16	285	227	0,001135	15,81
80	37	0,000185	4,44	290	231	0,001155	16,09
85	39	0,000195	4,72	295	236	0,001180	16,37
90	43	0,000215	4,99	300	241	0,001205	16,65
95	46	0,000230	5,27	305	247	0,001235	16,92
100	50	0,000250	5,55	310	252	0,001260	17,20
105	54	0,000270	5,83	315	257	0,001285	17,48
110	58	0,000290	6,10	320	265	0,001325	17,76
115	62	0,000310	6,38	325	273	0,001365	18,03
120	65	0,000325	6,66	330	282	0,001410	18,31
125	70	0,000350	6,94	335	292	0,001460	18,59
130	72	0,000360	7,21	340	302	0,001510	18,87
135	77	0,000385	7,49	345	310	0,001550	19,14
140	80	0,000400	7,77	350	319	0,001595	19,42
145	84	0,000420	8,05	355	326	0,001630	19,70
150	89	0,000445	8,32	360	331	0,001655	19,98
155	94	0,000470	8,60	365	337	0,001685	20,25
160	98	0,000490	8,88	370	342	0,001710	20,53
165	102	0,000510	9,16	375	349	0,001745	20,81
170	107	0,000535	9,43	380	355	0,001775	21,09
175	111	0,000555	9,71	385	362	0,001810	21,36
180	116	0,000580	9,99	390	370	0,001850	21,64
185	120	0,000600	10,27	395	379	0,001895	21,92
190	125	0,000625	10,54	400	388	0,001940	22,20
195	130	0,000650	10,82	405	396	0,001980	22,47
200	134	0,000670	11,10	410	404	0,002020	22,75
205	139	0,000695	11,38	415	411	0,002055	23,03

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	420	0,002100	23,31
425	434	0,002170	23,58
428	-	-	23,75



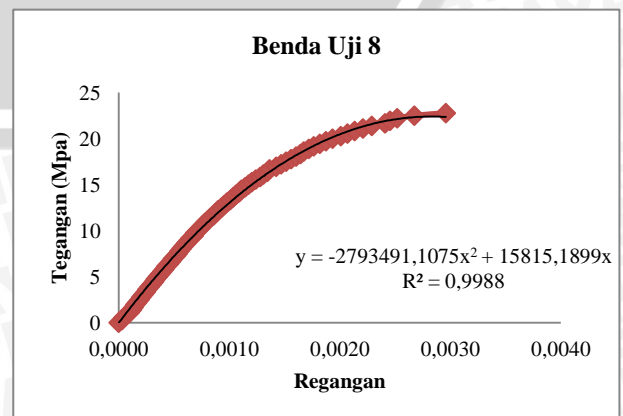
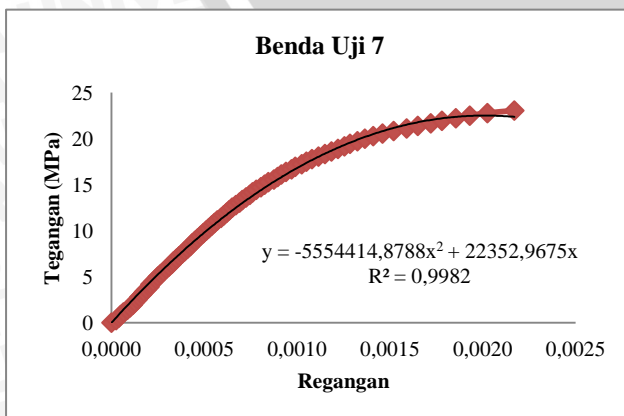
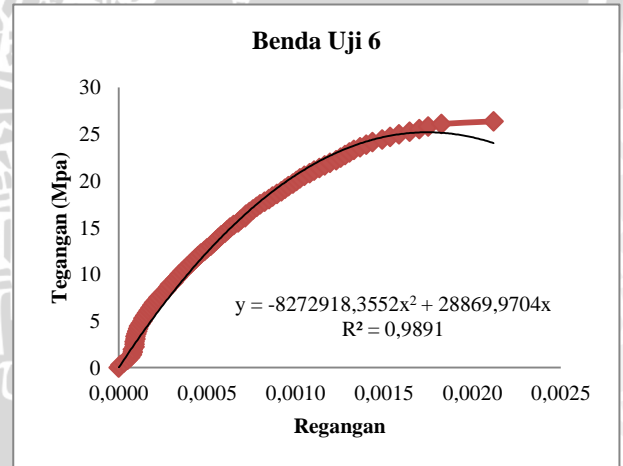
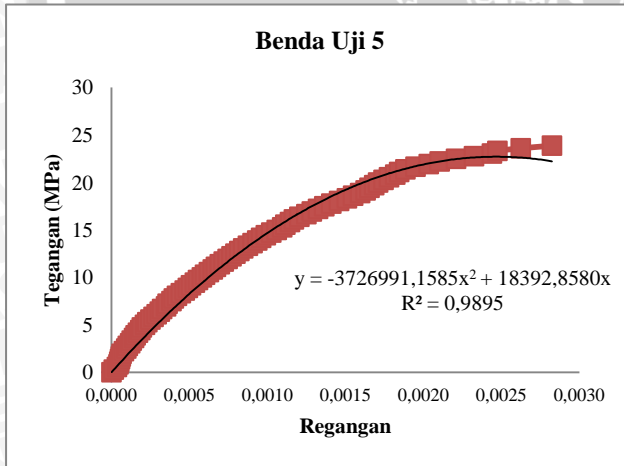
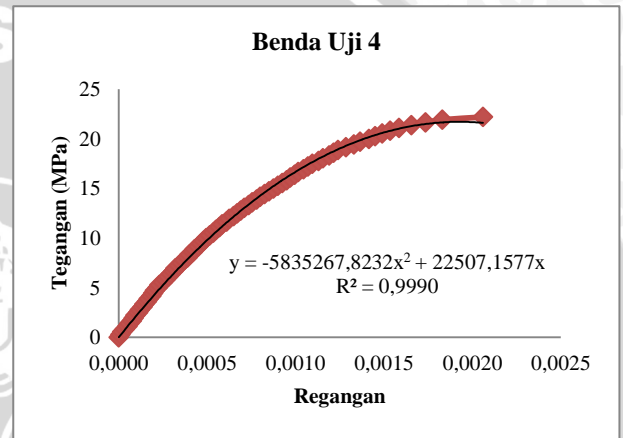
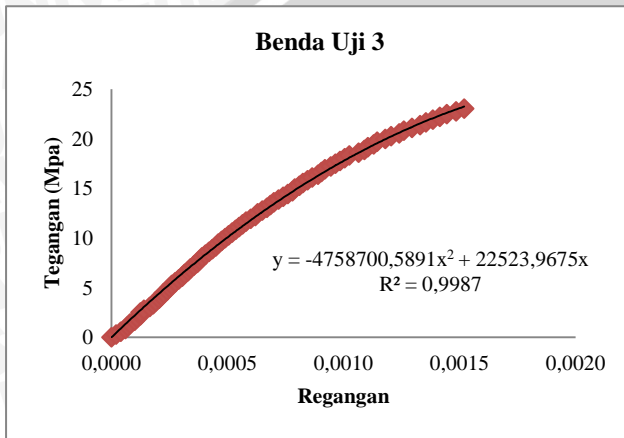
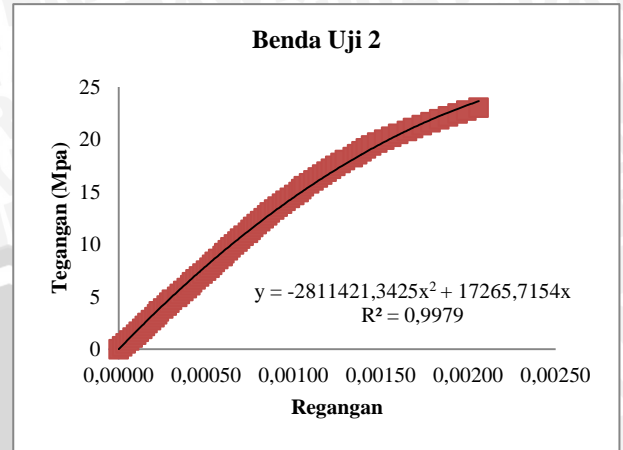
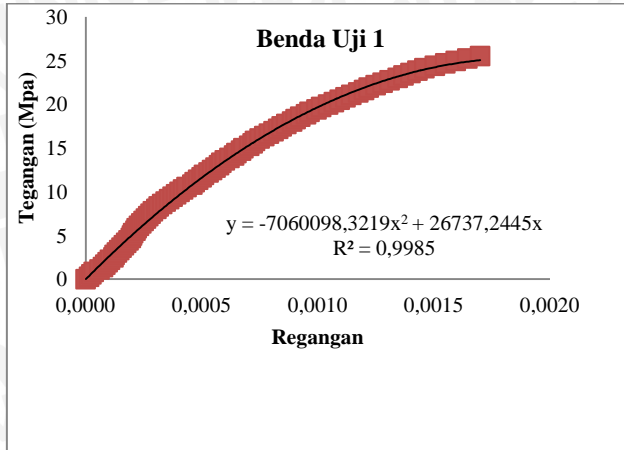
## Benda uji 14

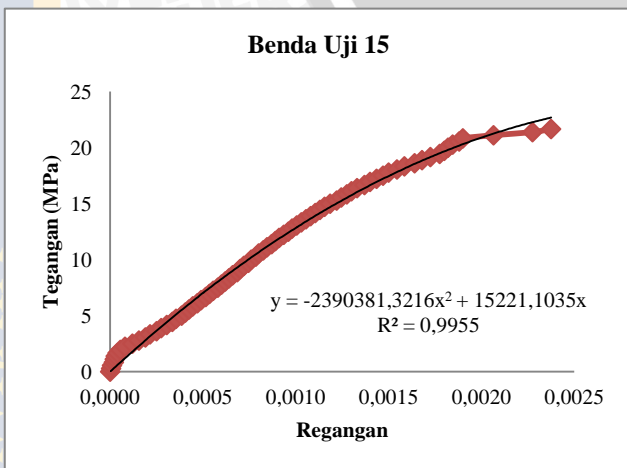
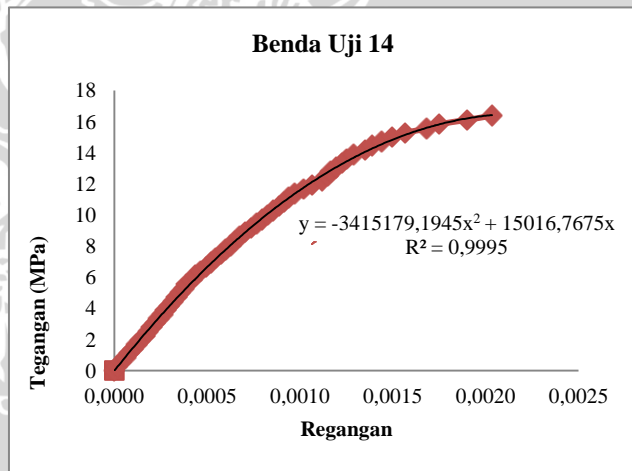
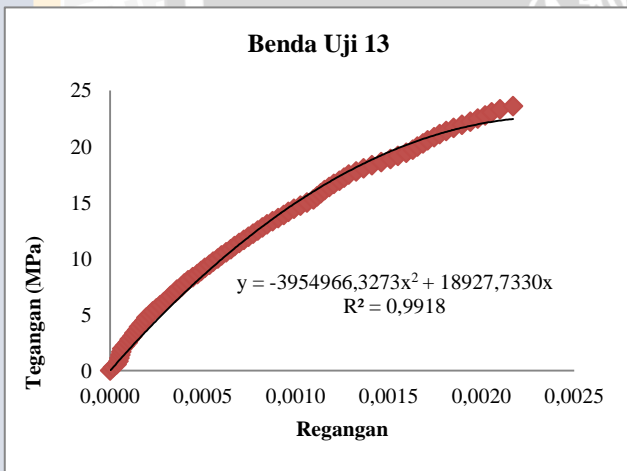
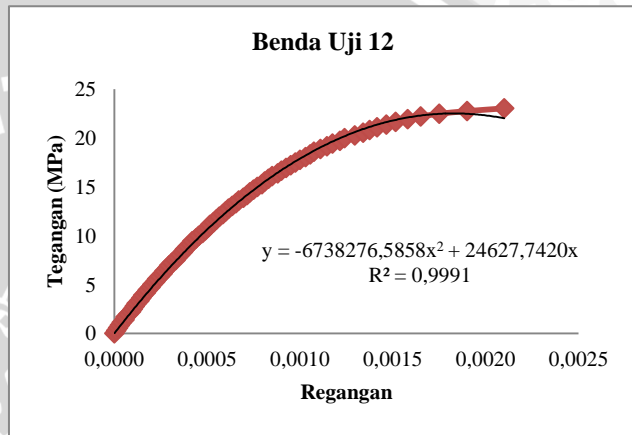
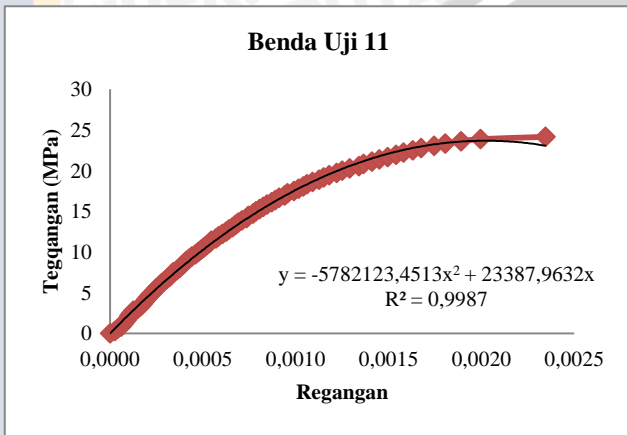
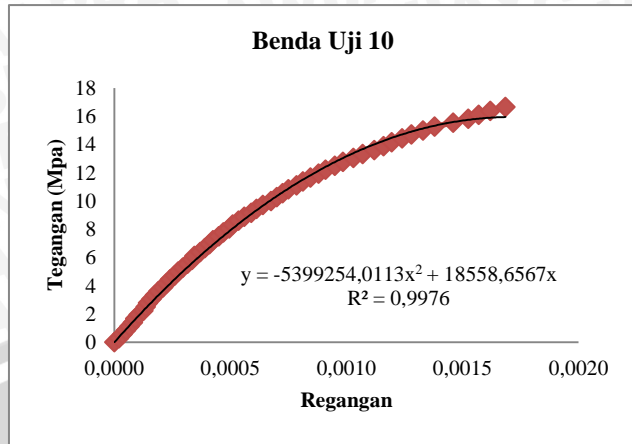
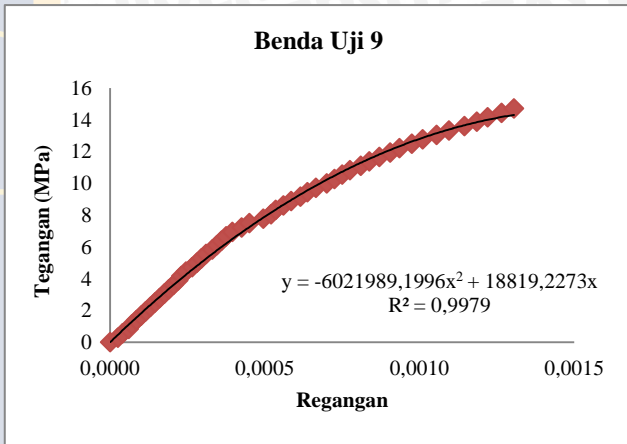
P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	204	0,001020	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	213	0,001065	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	224	0,001120	12,21
15	12	0,000060	0,83	225	230	0,001150	12,49
20	16	0,000080	1,11	230	233	0,001165	12,76
25	20	0,000100	1,39	235	239	0,001195	13,04
30	24	0,000120	1,66	240	245	0,001225	13,32
35	28	0,000140	1,94	245	250	0,001250	13,60
40	33	0,000165	2,22	250	258	0,001290	13,87
45	36	0,000180	2,50	255	270	0,001350	14,15
50	40	0,000200	2,77	260	278	0,001390	14,43
55	44	0,000220	3,05	265	288	0,001440	14,71
60	48	0,000240	3,33	270	299	0,001495	14,98
65	52	0,000260	3,61	275	313	0,001565	15,26
70	55	0,000275	3,88	280	336	0,001680	15,54
75	59	0,000295	4,16	285	350	0,001750	15,81
80	63	0,000315	4,44	290	380	0,001900	16,09
85	67	0,000335	4,72	295	407	0,002035	16,37
90	71	0,000355	4,99	298	-	-	16,54
95	75	0,000375	5,27				
100	78	0,000390	5,55				
105	83	0,000415	5,83				
110	87	0,000435	6,10				
115	93	0,000465	6,38				
120	99	0,000495	6,66				
125	104	0,000520	6,94				
130	109	0,000545	7,21				
135	115	0,000575	7,49				
140	120	0,000600	7,77				
145	125	0,000625	8,05				
150	130	0,000650	8,32				
155	135	0,000675	8,60				
160	141	0,000705	8,88				
165	147	0,000735	9,16				
170	153	0,000765	9,43				
175	159	0,000795	9,71				
180	165	0,000825	9,99				
185	171	0,000855	10,27				
190	177	0,000885	10,54				
195	183	0,000915	10,82				
200	188	0,000940	11,10				
205	194	0,000970	11,38				



## Benda uji 15

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0	210	178	0,000890	11,65
5	1	0,000005	0,28	215	182	0,000910	11,93
10	2	0,000010	0,55	220	187	0,000935	12,21
15	4	0,000020	0,83	225	192	0,000960	12,49
20	5	0,000025	1,11	230	196	0,000980	12,76
25	6	0,000030	1,39	235	201	0,001005	13,04
30	8	0,000040	1,66	240	206	0,001030	13,32
35	11	0,000055	1,94	245	211	0,001055	13,60
40	16	0,000080	2,22	250	216	0,001080	13,87
45	24	0,000120	2,50	255	221	0,001105	14,15
50	31	0,000155	2,77	260	226	0,001130	14,43
55	38	0,000190	3,05	265	231	0,001155	14,71
60	43	0,000215	3,33	270	237	0,001185	14,98
65	50	0,000250	3,61	275	244	0,001220	15,26
70	55	0,000275	3,88	280	249	0,001245	15,54
75	61	0,000305	4,16	285	255	0,001275	15,81
80	67	0,000335	4,44	290	260	0,001300	16,09
85	71	0,000355	4,72	295	266	0,001330	16,37
90	77	0,000385	4,99	300	274	0,001370	16,65
95	81	0,000405	5,27	305	280	0,001400	16,92
100	85	0,000425	5,55	310	287	0,001435	17,20
105	89	0,000445	5,83	315	294	0,001470	17,48
110	94	0,000470	6,10	320	300	0,001500	17,76
115	98	0,000490	6,38	325	309	0,001545	18,03
120	103	0,000515	6,66	330	317	0,001585	18,31
125	107	0,000535	6,94	335	328	0,001640	18,59
130	111	0,000555	7,21	340	336	0,001680	18,87
135	116	0,000580	7,49	345	345	0,001725	19,14
140	120	0,000600	7,77	350	355	0,001775	19,42
145	124	0,000620	8,05	355	360	0,001800	19,70
150	128	0,000640	8,32	360	364	0,001820	19,98
155	132	0,000660	8,60	365	369	0,001845	20,25
160	137	0,000685	8,88	370	376	0,001880	20,53
165	140	0,000700	9,16	375	380	0,001900	20,81
170	144	0,000720	9,43	380	413	0,002065	21,09
175	149	0,000745	9,71	385	455	0,002275	21,36
180	152	0,000760	9,99	390	475	0,002375	21,64
185	157	0,000785	10,27	392	-	-	21,75
190	160	0,000800	10,54				
195	165	0,000825	10,82				
200	169	0,000845	11,10				
205	174	0,000870	11,38				

Gambar grafik hubungan tegangan regangan beton *onyx* FAS 0,4



## Daftar nilai modulus tiap benda uji

No.	$ax^2$	$bx$	$\epsilon_2$	$S_2$ (Mpa)	$\epsilon_1$	$S_1$ (Mpa)	$E_c$ (Mpa)
1	-7060098,322	26737,2446	0,00043	10,23	0,00005	1,319212	23334,41
2	-2811421,343	17265,7155	0,00059	9,26	0,00005	0,856257	15456,77
3	-4758700,589	22523,9676	0,00046	9,28	0,00005	1,114302	20116,94
4	-5835267,823	22507,1578	0,00045	8,92	0,00005	1,110770	19597,51
5	-3726991,159	18392,8581	0,00059	9,54	0,00005	0,910325	16010,24
6	-8272918,355	28869,9705	0,00042	10,57	0,00005	1,422816	25019,59
7	-5554414,879	22352,9676	0,00047	9,26	0,00005	1,103762	19472,14
8	-2793491,108	15815,19	0,00065	9,12	0,00005	0,783776	13854,45
9	-6021989,2	18819,2274	0,00035	5,88	0,00005	0,925906	16396,81
10	-5399254,011	18558,6568	0,00041	6,68	0,00005	0,914435	16082,76
11	-5782123,451	23387,9633	0,00047	9,66	0,00005	1,154943	20400,45
12	-6738276,586	24627,7421	0,00042	9,23	0,00005	1,214541	21432,76
13	-3954966,327	18927,7331	0,00057	9,50	0,00005	0,936499	16476,70
14	-3415179,195	15016,7676	0,00050	6,61	0,00005	0,742300	13150,20
15	-2390381,322	15221,1036	0,00063	8,70	0,00005	0,755079	13583,80





## Lampiran 4

Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton *Onyx* FAS 0,6

## Benda uji 1

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	195	144	0,000720	10,82
5	2	0,000010	0,28	200	149	0,000745	11,10
10	5	0,000025	0,55	205	156	0,000780	11,38
15	8	0,000040	0,83	210	161	0,000805	11,65
20	11	0,000055	1,11	215	166	0,000830	11,93
25	14	0,000070	1,39	220	172	0,000860	12,21
30	16	0,000080	1,66	225	179	0,000895	12,49
35	21	0,000105	1,94	230	185	0,000925	12,76
40	24	0,000120	2,22	235	191	0,000955	13,04
45	26	0,000130	2,50	240	198	0,000990	13,32
50	29	0,000145	2,77	245	206	0,001030	13,60
55	32	0,000160	3,05	250	214	0,001070	13,87
60	35	0,000175	3,33	255	221	0,001105	14,15
65	38	0,000190	3,61	260	228	0,001140	14,43
70	42	0,000210	3,88	265	236	0,001180	14,71
75	45	0,000225	4,16	270	245	0,001225	14,98
80	48	0,000240	4,44	275	254	0,001270	15,26
85	51	0,000255	4,72	280	263	0,001315	15,54
90	55	0,000275	4,99	285	275	0,001375	15,81
95	58	0,000290	5,27	290	290	0,001450	16,09
100	62	0,000310	5,55	295	306	0,001530	16,37
105	66	0,000330	5,83	300	349	0,001745	16,65
110	69	0,000345	6,10	305	405	0,002025	16,92
115	73	0,000365	6,38	310	-	-	16,98
120	78	0,000390	6,66				
125	82	0,000410	6,94				
130	86	0,000430	7,21				
135	90	0,000450	7,49				
140	94	0,000470	7,77				
145	99	0,000495	8,05				
150	103	0,000515	8,32				
155	106	0,000530	8,60				
160	110	0,000550	8,88				
165	116	0,000580	9,16				
170	121	0,000605	9,43				
175	125	0,000625	9,71				
180	130	0,000650	9,99				
185	134	0,000670	10,27				
190	139,5	0,000698	10,54				

## Benda uji 2

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	118	0,000590	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	124	0,000620	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	129	0,000645	12,21
15	7	0,000035	0,83	225	135	0,000675	12,49
20	8	0,000040	1,11	230	143	0,000715	12,76
25	9	0,000045	1,39	235	150	0,000750	13,04
30	10	0,000050	1,66	240	159	0,000795	13,32
35	12	0,000060	1,94	245	166	0,000830	13,60
40	13,5	0,000068	2,22	250	177	0,000885	13,87
45	15	0,000075	2,50	255	185	0,000925	14,15
50	17	0,000085	2,77	260	195	0,000975	14,43
55	19	0,000095	3,05	265	205	0,001025	14,71
60	21	0,000105	3,33	270	217	0,001085	14,98
65	23	0,000115	3,61	275	232	0,001160	15,26
70	25	0,000125	3,88	280	246	0,001230	15,54
75	27,5	0,000138	4,16	285	264	0,001320	15,81
80	29,5	0,000148	4,44	290	293	0,001465	16,09
85	32,5	0,000163	4,72	295	325	0,001625	16,37
90	35	0,000175	4,99	300	396	0,001980	16,65
95	38	0,000190	5,27	304	-	-	16,87
100	40	0,000200	5,55				
105	43	0,000215	5,83				
110	46	0,000230	6,10				
115	48	0,000240	6,38				
120	51	0,000255	6,66				
125	54	0,000270	6,94				
130	57	0,000285	7,21				
135	59,5	0,000298	7,49				
140	63	0,000315	7,77				
145	66	0,000330	8,05				
150	69	0,000345	8,32				
155	72	0,000360	8,60				
160	75	0,000375	8,88				
165	79	0,000395	9,16				
170	82,5	0,000413	9,43				
175	86	0,000430	9,71				
180	90	0,000450	9,99				
185	95	0,000475	10,27				
190	98	0,000490	10,54				
195	102	0,000510	10,82				
200	109	0,000545	11,10				
205	112	0,000560	11,38				

## Benda uji 3

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	118	0,000590	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	121	0,000605	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	127	0,000635	12,21
15	5	0,000025	0,83	225	133	0,000665	12,49
20	7	0,000035	1,11	230	138	0,000690	12,76
25	9	0,000045	1,39	235	144	0,000720	13,04
30	11	0,000055	1,66	240	152	0,000760	13,32
35	13	0,000065	1,94	245	169	0,000845	13,60
40	15	0,000075	2,22	250	178	0,000890	13,87
45	17	0,000085	2,50	255	185	0,000925	14,15
50	19	0,000095	2,77	260	196	0,000980	14,43
55	21	0,000105	3,05	265	204	0,001020	14,71
60	23	0,000115	3,33	270	214	0,001070	14,98
65	25	0,000125	3,61	275	224	0,001120	15,26
70	27	0,000135	3,88	280	236	0,001180	15,54
75	29	0,000145	4,16	285	241	0,001205	15,81
80	31	0,000155	4,44	290	255	0,001275	16,09
85	34	0,000170	4,72	295	263	0,001315	16,37
90	36	0,000180	4,99	300	292	0,001460	16,65
95	39	0,000195	5,27	305	324	0,001620	16,92
100	42	0,000210	5,55	306			16,98
105	45	0,000225	5,83				
110	47	0,000235	6,10				
115	50	0,000250	6,38				
120	53	0,000265	6,66				
125	55	0,000275	6,94				
130	58	0,000290	7,21				
135	61	0,000305	7,49				
140	64	0,000320	7,77				
145	67	0,000335	8,05				
150	71	0,000355	8,32				
155	74	0,000370	8,60				
160	77	0,000385	8,88				
165	80	0,000400	9,16				
170	83	0,000415	9,43				
175	87	0,000435	9,71				
180	91	0,000455	9,99				
185	95	0,000475	10,27				
190	99	0,000495	10,54				
195	104	0,000520	10,82				
200	107	0,000535	11,10				
205	111	0,000555	11,38				



## Benda uji 4

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	159	0,000795	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	164	0,000820	11,93
10	6	0,000030	0,55	220	170	0,000850	12,21
15	8	0,000040	0,83	225	177	0,000885	12,49
20	11	0,000055	1,11	230	183	0,000915	12,76
25	13	0,000065	1,39	235	189	0,000945	13,04
30	16	0,000080	1,66	240	196	0,000980	13,32
35	19	0,000095	1,94	245	204	0,001020	13,60
40	21	0,000105	2,22	250	212	0,001060	13,87
45	24	0,000120	2,50	255	219	0,001095	14,15
50	27	0,000135	2,77	260	226	0,001130	14,43
55	30	0,000150	3,05	265	234	0,001170	14,71
60	33	0,000165	3,33	270	243	0,001215	14,98
65	36	0,000180	3,61	275	252	0,001260	15,26
70	40	0,000200	3,88	280	262	0,001310	15,54
75	43	0,000215	4,16	285	274	0,001370	15,81
80	46	0,000230	4,44	290	289	0,001445	16,09
85	49	0,000245	4,72	295	292	0,001460	16,37
90	53	0,000265	4,99	300	305	0,001525	16,65
95	56	0,000280	5,27	305	328	0,001640	16,92
100	60	0,000300	5,55	310	364	0,001820	17,20
105	64	0,000320	5,83	317	-	-	17,59
110	67	0,000335	6,10				
115	71	0,000355	6,38				
120	76	0,000380	6,66				
125	80	0,000400	6,94				
130	84	0,000420	7,21				
135	88	0,000440	7,49				
140	92	0,000460	7,77				
145	97	0,000485	8,05				
150	101	0,000505	8,32				
155	104	0,000520	8,60				
160	108	0,000540	8,88				
165	114	0,000570	9,16				
170	119	0,000595	9,43				
175	123	0,000615	9,71				
180	128	0,000640	9,99				
185	132	0,000660	10,27				
190	137,5	0,000688	10,54				
195	142	0,000710	10,82				
200	147	0,000735	11,10				
205	154	0,000770	11,38				

## Benda uji 5

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	130	0,000650	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	134	0,000670	11,93
10	8	0,000040	0,55	220	137	0,000685	12,21
15	12	0,000060	0,83	225	141	0,000705	12,49
20	14	0,000070	1,11	230	145	0,000725	12,76
25	17	0,000085	1,39	235	149	0,000745	13,04
30	20	0,000100	1,66	240	154	0,000770	13,32
35	22	0,000110	1,94	245	158	0,000790	13,60
40	25	0,000125	2,22	250	162	0,000810	13,87
45	28	0,000140	2,50	255	166	0,000830	14,15
50	30	0,000150	2,77	260	171	0,000855	14,43
55	33	0,000165	3,05	265	178	0,000890	14,71
60	35	0,000175	3,33	270	184	0,000920	14,98
65	37	0,000185	3,61	275	187	0,000935	15,26
70	40	0,000200	3,88	280	193	0,000965	15,54
75	42	0,000210	4,16	285	200	0,001000	15,81
80	45	0,000225	4,44	290	204	0,001020	16,09
85	48	0,000240	4,72	295	209	0,001045	16,37
90	51	0,000255	4,99	300	216	0,001080	16,65
95	54	0,000270	5,27	305	221	0,001105	16,92
100	56	0,000280	5,55	310	226	0,001130	17,20
105	59	0,000295	5,83	315	233	0,001165	17,48
110	62	0,000310	6,10	320	241	0,001205	17,76
115	65	0,000325	6,38	325	246	0,001230	18,03
120	68	0,000340	6,66	330	254	0,001270	18,31
125	71	0,000355	6,94	335	262	0,001310	18,59
130	75	0,000375	7,21	340	270	0,001350	18,87
135	78	0,000390	7,49	345	279	0,001395	19,14
140	81	0,000405	7,77	350	288	0,001440	19,42
145	85	0,000425	8,05	355	299	0,001495	19,70
150	88	0,000440	8,32	360	311	0,001555	19,98
155	91	0,000455	8,60	365	323	0,001615	20,25
160	94	0,000470	8,88	370	336	0,001680	20,53
165	97	0,000485	9,16	375	347	0,001735	20,81
170	101	0,000505	9,43	380	363	0,001815	21,09
175	104	0,000520	9,71	385	378	0,001890	21,36
180	107	0,000535	9,99	390	395	0,001975	21,64
185	112	0,000560	10,27	393	-	-	21,81
190	116	0,000580	10,54				
195	119	0,000595	10,82				
200	121	0,000605	11,10				
205	126	0,000630	11,38				

## Benda uji 6

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	165	0,000825	11,65
5	2,5	0,000013	0,28	215	171	0,000855	11,93
10	6	0,000030	0,55	220	176	0,000880	12,21
15	9	0,000045	0,83	225	183	0,000915	12,49
20	13	0,000065	1,11	230	189	0,000945	12,76
25	17	0,000085	1,39	235	196	0,000980	13,04
30	21	0,000105	1,66	240	204	0,001020	13,32
35	25	0,000125	1,94	245	209	0,001045	13,60
40	28	0,000140	2,22	250	218	0,001090	13,87
45	31	0,000155	2,50	255	227	0,001135	14,15
50	34	0,000170	2,77	260	234	0,001170	14,43
55	38	0,000190	3,05	265	242	0,001210	14,71
60	42	0,000210	3,33	270	251	0,001255	14,98
65	45	0,000225	3,61	275	262	0,001310	15,26
70	49	0,000245	3,88	280	269	0,001345	15,54
75	52	0,000260	4,16	285	286	0,001430	15,81
80	55	0,000275	4,44	290	299	0,001495	16,09
85	59	0,000295	4,72	295	315	0,001575	16,37
90	63	0,000315	4,99	300	329	0,001645	16,65
95	66	0,000330	5,27	305	348	0,001740	16,92
100	69	0,000345	5,55	310	376	0,001880	17,20
105	73	0,000365	5,83	315	409	0,002045	17,48
110	77	0,000385	6,10	320	459	0,002295	17,76
115	81	0,000405	6,38	322	-	-	17,87
120	84	0,000420	6,66				
125	89	0,000445	6,94				
130	92	0,000460	7,21				
135	96	0,000480	7,49				
140	100	0,000500	7,77				
145	104	0,000520	8,05				
150	109	0,000545	8,32				
155	113	0,000565	8,60				
160	118	0,000590	8,88				
165	121	0,000605	9,16				
170	125	0,000625	9,43				
175	130	0,000650	9,71				
180	134	0,000670	9,99				
185	138	0,000690	10,27				
190	143,5	0,000718	10,54				
195	149	0,000745	10,82				
200	154	0,000770	11,10				
205	159	0,000795	11,38				

## Benda uji 7

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	129	0,000645	11,65
5	1,5	0,000008	0,28	215	135	0,000675	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	138	0,000690	12,21
15	8	0,000040	0,83	225	143	0,000715	12,49
20	11	0,000055	1,11	230	147	0,000735	12,76
25	14	0,000070	1,39	235	152	0,000760	13,04
30	17	0,000085	1,66	240	157	0,000785	13,32
35	19	0,000095	1,94	245	162	0,000810	13,60
40	22	0,000110	2,22	250	167	0,000835	13,87
45	24	0,000120	2,50	255	173	0,000865	14,15
50	28	0,000140	2,77	260	179	0,000895	14,43
55	31	0,000155	3,05	265	185	0,000925	14,71
60	33	0,000165	3,33	270	190	0,000950	14,98
65	35	0,000175	3,61	275	196	0,000980	15,26
70	38	0,000190	3,88	280	202	0,001010	15,54
75	41	0,000205	4,16	285	208	0,001040	15,81
80	43	0,000215	4,44	290	213	0,001065	16,09
85	46	0,000230	4,72	295	220	0,001100	16,37
90	49	0,000245	4,99	300	226	0,001130	16,65
95	52	0,000260	5,27	305	234	0,001170	16,92
100	54	0,000270	5,55	310	241	0,001205	17,20
105	58	0,000290	5,83	315	247	0,001235	17,48
110	60	0,000300	6,10	320	255	0,001275	17,76
115	63	0,000315	6,38	325	263	0,001315	18,03
120	66	0,000330	6,66	330	272	0,001360	18,31
125	69	0,000345	6,94	335	282	0,001410	18,59
130	72	0,000360	7,21	340	294	0,001470	18,87
135	75	0,000375	7,49	345	304	0,001520	19,14
140	79	0,000395	7,77	350	316	0,001580	19,42
145	81	0,000405	8,05	355	326	0,001630	19,70
150	84	0,000420	8,32	360	344	0,001720	19,98
155	88	0,000440	8,60	365	368	0,001840	20,25
160	93	0,000465	8,88	370	399	0,001995	20,53
165	96	0,000480	9,16				
170	99	0,000495	9,43				
175	103	0,000515	9,71				
180	106	0,000530	9,99				
185	109	0,000545	10,27				
190	119	0,000595	10,54				
195	121	0,000605	10,82				
200	124	0,000620	11,10				
205	126	0,000630	11,38				

## Benda uji 8

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	133	0,000665	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	137	0,000685	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	142	0,000710	12,21
15	9	0,000045	0,83	225	146	0,000730	12,49
20	11	0,000055	1,11	230	150	0,000750	12,76
25	14	0,000070	1,39	235	154	0,000770	13,04
30	18	0,000090	1,66	240	159	0,000795	13,32
35	21	0,000105	1,94	245	166	0,000830	13,60
40	23	0,000115	2,22	250	172	0,000860	13,87
45	25	0,000125	2,50	255	175	0,000875	14,15
50	28	0,000140	2,77	260	181	0,000905	14,43
55	30	0,000150	3,05	265	188	0,000940	14,71
60	33	0,000165	3,33	270	192	0,000960	14,98
65	36	0,000180	3,61	275	197	0,000985	15,26
70	39	0,000195	3,88	280	204	0,001020	15,54
75	42	0,000210	4,16	285	209	0,001045	15,81
80	44	0,000220	4,44	290	214	0,001070	16,09
85	47	0,000235	4,72	295	221	0,001105	16,37
90	50	0,000250	4,99	300	229	0,001145	16,65
95	53	0,000265	5,27	305	234	0,001170	16,92
100	56	0,000280	5,55	310	242	0,001210	17,20
105	59	0,000295	5,83	315	250	0,001250	17,48
110	63	0,000315	6,10	320	258	0,001290	17,76
115	66	0,000330	6,38	325	267	0,001335	18,03
120	69	0,000345	6,66	330	276	0,001380	18,31
125	73	0,000365	6,94	335	287	0,001435	18,59
130	76	0,000380	7,21	340	299	0,001495	18,87
135	79	0,000395	7,49	345	311	0,001555	19,14
140	82	0,000410	7,77	350	319	0,001595	19,42
145	85	0,000425	8,05	355	329	0,001645	19,70
150	89	0,000445	8,32	360	344	0,001720	19,98
155	92	0,000460	8,60	365	358	0,001790	20,25
160	95	0,000475	8,88	370	372	0,001860	20,53
165	100	0,000500	9,16	375	401	0,002005	20,81
170	104	0,000520	9,43	380	423	0,002115	21,09
175	107	0,000535	9,71	385	454	0,002270	21,36
180	109	0,000545	9,99	387	-	-	21,47
185	114	0,000570	10,27				
190	118	0,000590	10,54				
195	122	0,000610	10,82				
200	125	0,000625	11,10				
205	129	0,000645	11,38				

## Benda uji 9

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	164	0,000820	11,65
5	5	0,000025	0,28	215	169	0,000845	11,93
10	8	0,000040	0,55	220	175	0,000875	12,21
15	11	0,000055	0,83	225	182	0,000910	12,49
20	14	0,000070	1,11	230	188	0,000940	12,76
25	17	0,000085	1,39	235	194	0,000970	13,04
30	19	0,000095	1,66	240	201	0,001005	13,32
35	24	0,000120	1,94	245	209	0,001045	13,60
40	27	0,000135	2,22	250	218	0,001090	13,87
45	29	0,000145	2,50	255	228	0,001140	14,15
50	32	0,000160	2,77	260	238	0,001190	14,43
55	35	0,000175	3,05	265	250	0,001250	14,71
60	38	0,000190	3,33	270	264	0,001320	14,98
65	41	0,000205	3,61	275	278	0,001390	15,26
70	45	0,000225	3,88	280	298	0,001490	15,54
75	48	0,000240	4,16	285	336	0,001680	15,81
80	51	0,000255	4,44	286	-	-	15,87
85	54	0,000270	4,72				
90	58	0,000290	4,99				
95	61	0,000305	5,27				
100	65	0,000325	5,55				
105	69	0,000345	5,83				
110	72	0,000360	6,10				
115	76	0,000380	6,38				
120	81	0,000405	6,66				
125	85	0,000425	6,94				
130	89	0,000445	7,21				
135	93	0,000465	7,49				
140	97	0,000485	7,77				
145	102	0,000510	8,05				
150	106	0,000530	8,32				
155	109	0,000545	8,60				
160	113	0,000565	8,88				
165	119	0,000595	9,16				
170	124	0,000620	9,43				
175	128	0,000640	9,71				
180	133	0,000665	9,99				
185	137	0,000685	10,27				
190	142,5	0,000713	10,54				
195	147	0,000735	10,82				
200	152	0,000760	11,10				
205	159	0,000795	11,38				

## Benda uji 10

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	126	0,000630	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	129	0,000645	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	133	0,000665	12,21
15	7	0,000035	0,83	225	137	0,000685	12,49
20	9	0,000045	1,11	230	141	0,000705	12,76
25	12	0,000060	1,39	235	146	0,000730	13,04
30	15	0,000075	1,66	240	150	0,000750	13,32
35	17	0,000085	1,94	245	154	0,000770	13,60
40	20	0,000100	2,22	250	158	0,000790	13,87
45	22	0,000110	2,50	255	163	0,000815	14,15
50	25	0,000125	2,77	260	170	0,000850	14,43
55	27	0,000135	3,05	265	176	0,000880	14,71
60	29	0,000145	3,33	270	179	0,000895	14,98
65	32	0,000160	3,61	275	185	0,000925	15,26
70	34	0,000170	3,88	280	192	0,000960	15,54
75	37	0,000185	4,16	285	196	0,000980	15,81
80	40	0,000200	4,44	290	201	0,001005	16,09
85	43	0,000215	4,72	295	208	0,001040	16,37
90	46	0,000230	4,99	300	213	0,001065	16,65
95	48	0,000240	5,27	305	218	0,001090	16,92
100	51	0,000255	5,55	310	225	0,001125	17,20
105	54	0,000270	5,83	315	233	0,001165	17,48
110	57	0,000285	6,10	320	238	0,001190	17,76
115	60	0,000300	6,38	325	246	0,001230	18,03
120	63	0,000315	6,66	330	254	0,001270	18,31
125	67	0,000335	6,94	335	262	0,001310	18,59
130	70	0,000350	7,21	340	271	0,001355	18,87
135	73	0,000365	7,49	345	280	0,001400	19,14
140	77	0,000385	7,77	350	291	0,001455	19,42
145	80	0,000400	8,05	355	303	0,001515	19,70
150	83	0,000415	8,32	360	315	0,001575	19,98
155	86	0,000430	8,60	365	323	0,001615	20,25
160	89	0,000445	8,88	370	333	0,001665	20,53
165	93	0,000465	9,16	375	348	0,001740	20,81
170	96	0,000480	9,43	380	362	0,001810	21,09
175	99	0,000495	9,71	385	376	0,001880	21,36
180	104	0,000520	9,99	390	405	0,002025	21,64
185	108	0,000540	10,27	395	427	0,002135	21,92
190	111	0,000555	10,54	400	458	0,002290	22,20
195	113	0,000565	10,82	405	473	0,002365	22,47
200	118	0,000590	11,10	408	-	-	22,64
205	122	0,000610	11,38				

## Benda uji 11

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	150	0,000750	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	154	0,000770	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	158	0,000790	12,21
15	11	0,000055	0,83	225	163	0,000815	12,49
20	15	0,000075	1,11	230	167	0,000835	12,76
25	18	0,000090	1,39	235	172	0,000860	13,04
30	23	0,000115	1,66	240	176	0,000880	13,32
35	25	0,000125	1,94	245	181	0,000905	13,60
40	28	0,000140	2,22	250	186	0,000930	13,87
45	32	0,000160	2,50	255	192	0,000960	14,15
50	35	0,000175	2,77	260	197	0,000985	14,43
55	39	0,000195	3,05	265	203	0,001015	14,71
60	42	0,000210	3,33	270	209	0,001045	14,98
65	45	0,000225	3,61	275	216	0,001080	15,26
70	49	0,000245	3,88	280	224	0,001120	15,54
75	53	0,000265	4,16	285	233	0,001165	15,81
80	56	0,000280	4,44	290	240	0,001200	16,09
85	59	0,000295	4,72	295	254	0,001270	16,37
90	63	0,000315	4,99	300	265	0,001325	16,65
95	66	0,000330	5,27	305	273	0,001365	16,92
100	68	0,000340	5,55	310	285	0,001425	17,20
105	73	0,000365	5,83	315	299	0,001495	17,48
110	76	0,000380	6,10	320	316	0,001580	17,76
115	79	0,000395	6,38	325	335	0,001675	18,03
120	83	0,000415	6,66	326	-	-	18,09
125	86	0,000430	6,94				
130	90	0,000450	7,21				
135	92	0,000460	7,49				
140	97	0,000485	7,77				
145	100	0,000500	8,05				
150	103	0,000515	8,32				
155	106	0,000530	8,60				
160	110	0,000550	8,88				
165	114	0,000570	9,16				
170	118	0,000590	9,43				
175	123	0,000615	9,71				
180	126	0,000630	9,99				
185	129	0,000645	10,27				
190	133	0,000665	10,54				
195	138	0,000690	10,82				
200	142	0,000710	11,10				
205	146	0,000730	11,38				



## Benda uji 12

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0	0,000000	210	79	0,000395	11,65
5	5	2	0,000010	215	82	0,000410	11,93
10	10	4	0,000020	220	86	0,000430	12,21
15	15	6	0,000030	225	90	0,000450	12,49
20	20	7	0,000035	230	93	0,000465	12,76
25	25	7	0,000035	235	97	0,000485	13,04
30	30	8	0,000040	240	101	0,000505	13,32
35	35	9	0,000045	245	105	0,000525	13,60
40	40	10	0,000050	250	110	0,000550	13,87
45	45	11	0,000055	255	115	0,000575	14,15
50	50	12	0,000060	260	120	0,000600	14,43
55	55	13	0,000065	265	125	0,000625	14,71
60	60	14	0,000070	270	130	0,000650	14,98
65	65	15	0,000075	275	135	0,000675	15,26
70	70	17	0,000085	280	143	0,000715	15,54
75	75	18	0,000090	285	148	0,000740	15,81
80	80	19	0,000095	290	154	0,000770	16,09
85	85	21	0,000105	295	160	0,000800	16,37
90	90	22	0,000110	300	170	0,000850	16,65
95	95	24	0,000120	305	180	0,000900	16,92
100	100	26	0,000130	310	190	0,000950	17,20
105	105	27	0,000135	315	204	0,001020	17,48
110	110	28	0,000140	320	219	0,001095	17,76
115	115	30	0,000150	322			17,87
120	120	33	0,000165				
125	125	35	0,000175				
130	130	37	0,000185				
135	135	39	0,000195				
140	140	40	0,000200				
145	145	43	0,000215				
150	150	45	0,000225				
155	155	48	0,000240				
160	160	51	0,000255				
165	165	53	0,000265				
170	170	55	0,000275				
175	175	58	0,000290				
180	180	61	0,000305				
185	185	64	0,000320				
190	190	67	0,000335				
195	195	69	0,000345				
200	200	72	0,000360				
205	205	75	0,000375				

## Benda uji 13

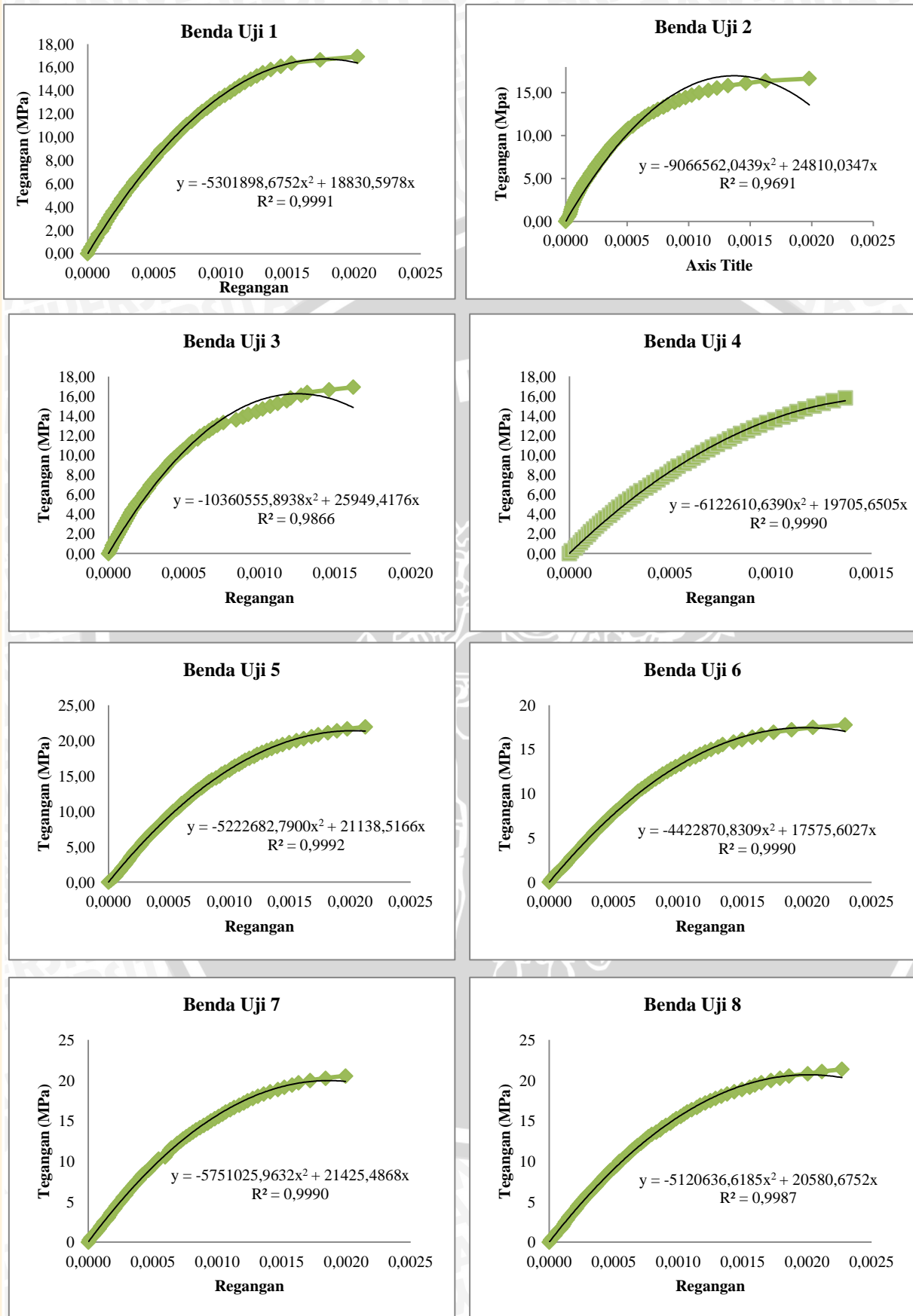
P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0	0	210	155	0,000775	11,65309091
5	3	0,000015	0,277454545	215	162	0,00081	11,93054545
10	6	0,00003	0,554909091	220	169	0,000845	12,208
15	9	0,000045	0,832363636	225	175	0,000875	12,48545455
20	11	0,000055	1,109818182	230	184	0,00092	12,76290909
25	14	0,00007	1,387272727	235	192	0,00096	13,04036364
30	17	0,000085	1,664727273	240	200	0,001	13,31781818
35	19	0,000095	1,942181818	245	209	0,001045	13,59527273
40	22	0,00011	2,219636364	250	218	0,00109	13,87272727
45	25	0,000125	2,497090909	255	227	0,001135	14,15018182
50	27	0,000135	2,774545455	260	237	0,001185	14,42763636
55	30	0,00015	3,052	265	248	0,00124	14,70509091
60	33	0,000165	3,329454545	270	260	0,0013	14,98254545
65	35	0,000175	3,606909091	275	272	0,00136	15,26
70	38	0,00019	3,884363636	280	287	0,001435	15,53745455
75	43	0,000215	4,161818182	285	304	0,00152	15,81490909
80	44	0,00022	4,439272727	290	320	0,0016	16,09236364
85	47	0,000235	4,716727273	295	344	0,00172	16,36981818
90	49	0,000245	4,994181818	300	370	0,00185	16,64727273
95	52	0,00026	5,271636364	305	430	0,00215	16,92472727
100	56	0,00028	5,549090909	306	-	-	16,98021818
105	59	0,000295	5,826545455				
110	62	0,00031	6,104				
115	66	0,00033	6,381454545				
120	69	0,000345	6,658909091				
125	73	0,000365	6,936363636				
130	76	0,00038	7,213818182				
135	81	0,000405	7,491272727				
140	85	0,000425	7,768727273				
145	89	0,000445	8,046181818				
150	93	0,000465	8,323636364				
155	98	0,00049	8,601090909				
160	102	0,00051	8,878545455				
165	107	0,000535	9,156				
170	110	0,00055	9,433454545				
175	115	0,000575	9,710909091				
180	120	0,0006	9,988363636				
185	125	0,000625	10,26581818				
190	131	0,000655	10,54327273				
195	137	0,000685	10,82072727				
200	143	0,000715	11,09818182				
205	150	0,00075	11,37563636				

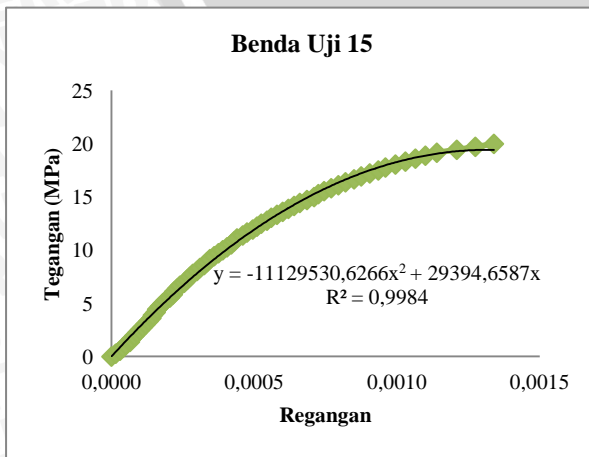
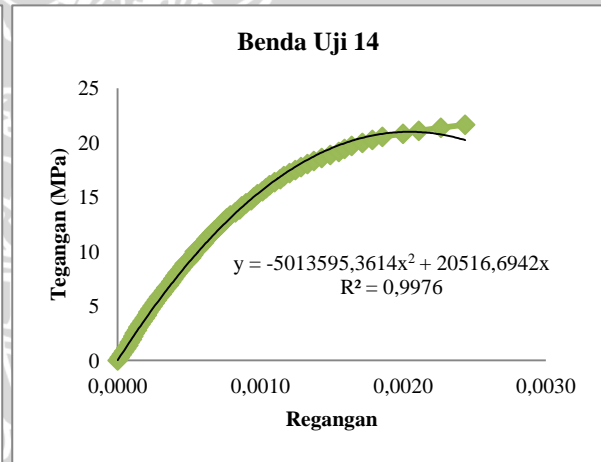
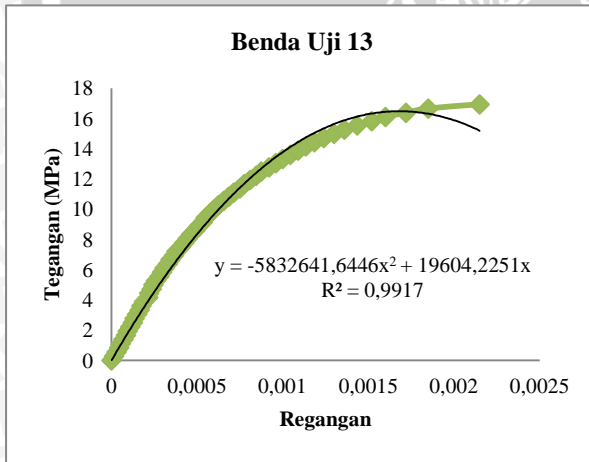
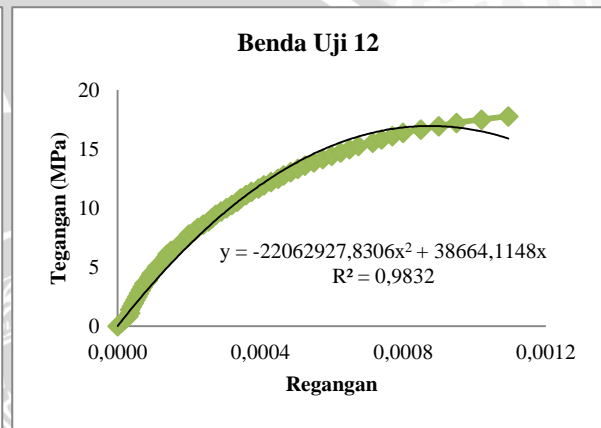
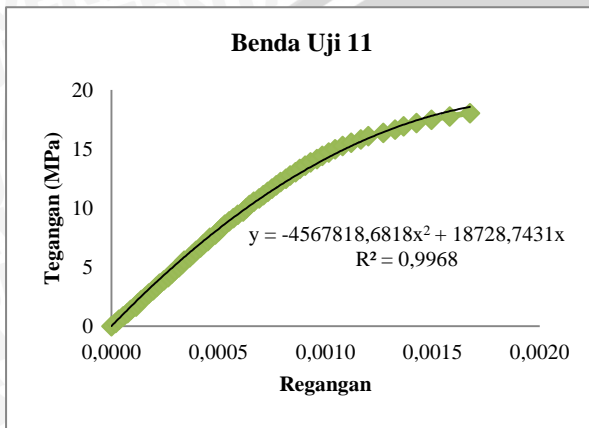
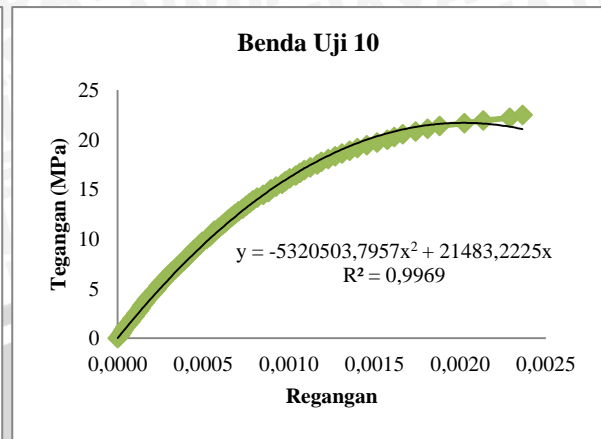
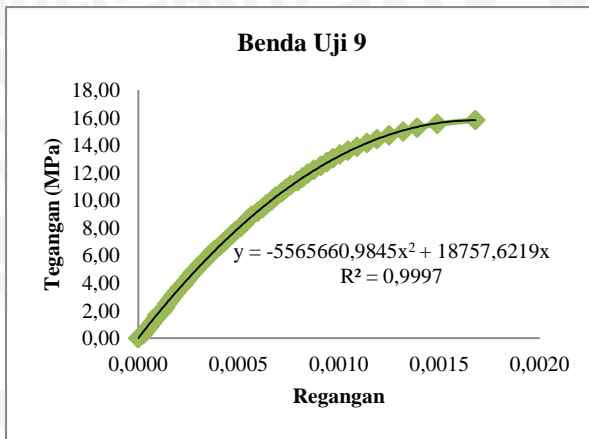
## Benda uji 14

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	136	0,000680	11,93
5	3	0,000015	0,28	215	141	0,000705	12,21
10	6	0,000030	0,55	220	145	0,000725	12,49
15	9	0,000045	0,83	225	149	0,000745	12,76
20	12	0,000060	1,11	230	153	0,000765	13,04
25	15	0,000075	1,39	235	158	0,000790	13,32
30	17	0,000085	1,66	240	165	0,000825	13,60
35	20	0,000100	1,94	245	171	0,000855	13,87
40	22	0,000110	2,22	250	174	0,000870	14,15
45	24	0,000120	2,50	255	180	0,000900	14,43
50	27	0,000135	2,77	260	187	0,000935	14,71
55	29	0,000145	3,05	265	191	0,000955	14,98
60	32	0,000160	3,33	270	196	0,000980	15,26
65	35	0,000175	3,61	275	203	0,001015	15,54
70	38	0,000190	3,88	280	208	0,001040	15,81
75	41	0,000205	4,16	285	213	0,001065	16,09
80	43	0,000215	4,44	290	220	0,001100	16,37
85	46	0,000230	4,72	295	228	0,001140	16,65
90	49	0,000245	4,99	300	233	0,001165	16,92
95	52	0,000260	5,27	305	241	0,001205	17,20
100	55	0,000275	5,55	310	249	0,001245	17,48
105	58	0,000290	5,83	315	257	0,001285	17,76
110	62	0,000310	6,10	320	266	0,001330	18,03
115	65	0,000325	6,38	325	275	0,001375	18,31
120	68	0,000340	6,66	330	286	0,001430	18,59
125	72	0,000360	6,94	335	298	0,001490	18,87
130	75	0,000375	7,21	340	310	0,001550	19,14
135	78	0,000390	7,49	345	318	0,001590	19,42
140	81	0,000405	7,77	350	328	0,001640	19,70
145	84	0,000420	8,05	355	343	0,001715	19,98
150	88	0,000440	8,32	360	357	0,001785	20,25
155	91	0,000455	8,60	365	371	0,001855	20,53
160	94	0,000470	8,88	370	400	0,002000	20,81
165	99	0,000495	9,16	375	422	0,002110	21,09
170	103	0,000515	9,43	380	453	0,002265	21,36
175	106	0,000530	9,71	385	487	0,002435	21,64
180	108	0,000540	9,99	390	136	0,000680	11,93
185	113	0,000565	10,27				
190	117	0,000585	10,54				
195	121	0,000605	10,82				
200	124	0,000620	11,10				
205	128	0,000640	11,38				

## Benda uji 15

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	95	0,000475	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	99	0,000495	11,93
10	6	0,000030	0,55	220	102	0,000510	12,21
15	8	0,000040	0,83	225	105	0,000525	12,49
20	10	0,000050	1,11	230	109	0,000545	12,76
25	13	0,000065	1,39	235	112	0,000560	13,04
30	14	0,000070	1,66	240	116	0,000580	13,32
35	16	0,000080	1,94	245	120	0,000600	13,60
40	18	0,000090	2,22	250	124	0,000620	13,87
45	20	0,000100	2,50	255	128	0,000640	14,15
50	22	0,000110	2,77	260	132	0,000660	14,43
55	24	0,000120	3,05	265	137	0,000685	14,71
60	26	0,000130	3,33	270	142	0,000710	14,98
65	28	0,000140	3,61	275	145	0,000725	15,26
70	29	0,000145	3,88	280	149	0,000745	15,54
75	31	0,000155	4,16	285	154	0,000770	15,81
80	32	0,000160	4,44	290	159	0,000795	16,09
85	34	0,000170	4,72	295	164	0,000820	16,37
90	36	0,000180	4,99	300	170	0,000850	16,65
95	38	0,000190	5,27	305	175	0,000875	16,92
100	41	0,000205	5,55	310	181	0,000905	17,20
105	43	0,000215	5,83	315	187	0,000935	17,48
110	44	0,000220	6,10	320	192	0,000960	17,76
115	46	0,000230	6,38	325	199	0,000995	18,03
120	48	0,000240	6,66	330	206	0,001030	18,31
125	51	0,000255	6,94	335	213	0,001065	18,59
130	53	0,000265	7,21	340	220	0,001100	18,87
135	55	0,000275	7,49	345	228	0,001140	19,14
140	57	0,000285	7,77	350	242	0,001210	19,42
145	60	0,000300	8,05	355	255	0,001275	19,70
150	62	0,000310	8,32	360	268	0,001340	19,98
155	65	0,000325	8,60	362			20,09
160	67	0,000335	8,88				
165	69	0,000345	9,16				
170	72	0,000360	9,43				
175	75	0,000375	9,71				
180	78	0,000390	9,99				
185	81	0,000405	10,27				
190	84	0,000420	10,54				
195	86	0,000430	10,82				
200	88	0,000440	11,10				
205	92	0,000460	11,38				

Gambar grafik hubungan tegangan regangan beton *onyx* FAS 0,6



## Daftar nilai modulus tiap benda uji

No.	$ax^2$	$bx$	$\epsilon_2$	$S_2$ (Mpa)	$\epsilon_1$	$S_1$ (Mpa)	$E_c$ (Mpa)
1	-5301898,68	18830,60	0,00041	6,79	0,00005	0,928275	16405,33
2	-9066562,04	24810,03	0,00031	6,75	0,00005	1,217835	21580,09
3	-10360555,89	25949,42	0,00030	6,79	0,00005	1,271569	22354,83
4	-6122610,64	19705,65	0,00041	7,04	0,00005	0,969976	16895,03
5	-5222682,79	21138,52	0,00047	8,72	0,00005	1,043869	18441,44
6	-4422870,83	17575,60	0,00046	7,15	0,00005	0,867723	15320,49
7	-5751025,96	21425,49	0,00043	8,21	0,00005	1,056897	18642,96
8	-5120636,62	20580,68	0,00047	8,59	0,00005	1,016232	17902,27
9	-5565660,98	18757,62	0,00038	6,35	0,00005	0,923967	16355,21
10	-5320503,80	21483,22	0,00048	9,06	0,00005	1,060860	18673,09
11	-4567818,68	18728,74	0,00043	7,24	0,00005	0,925018	16527,78
12	-22062927,83	38664,11	0,00021	7,13	0,00005	1,878048	32943,85
13	-5832641,64	19604,23	0,00039	6,79	0,00005	0,965630	17024,84
14	-5013595,36	20516,69	0,00048	8,66	0,00005	1,013301	17871,07
15	-11129530,63	29394,66	0,00031	8,04	0,00005	1,441909	25391,84



## Lampiran 5

## Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal FAS 0,4

## Benda uji 1

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	195	90	0,000450	10,82
5	2	0,000010	0,28	200	91	0,000455	11,10
10	5	0,000025	0,55	205	93	0,000465	11,38
15	7	0,000035	0,83	210	95	0,000475	11,65
20	9	0,000045	1,11	215	97	0,000485	11,93
25	12	0,000060	1,39	220	99	0,000495	12,21
30	14	0,000070	1,66	225	101	0,000505	12,49
35	19	0,000095	1,94	230	104	0,000520	12,76
40	25	0,000125	2,22	235	105	0,000525	13,04
45	31	0,000155	2,50	240	107	0,000535	13,32
50	33	0,000165	2,77	245	109	0,000545	13,60
55	35	0,000175	3,05	250	111	0,000555	13,87
60	38	0,000190	3,33	255	113	0,000565	14,15
65	40	0,000200	3,61	260	114	0,000570	14,43
70	43	0,000215	3,88	265	117	0,000585	14,71
75	45	0,000225	4,16	270	119	0,000595	14,98
80	47	0,000235	4,44	275	122	0,000610	15,26
85	49	0,000245	4,72	280	125	0,000625	15,54
90	51	0,000255	4,99	285	128	0,000640	15,81
95	53	0,000265	5,27	290	130	0,000650	16,09
100	55	0,000275	5,55	295	133	0,000665	16,37
105	57	0,000285	5,83	300	135	0,000675	16,65
110	59	0,000295	6,10	305	138	0,000690	16,92
115	61	0,000305	6,38	310	140	0,000700	17,20
120	63	0,000315	6,66	315	143	0,000715	17,48
125	65	0,000325	6,94	320	145	0,000725	17,76
130	67	0,000335	7,21	325	147	0,000735	18,03
135	69	0,000345	7,49	330	149	0,000745	18,31
140	70	0,000350	7,77	335	152	0,000760	18,59
145	72	0,000360	8,05	340	155	0,000775	18,87
150	73	0,000365	8,32	341	-	-	18,92
155	75	0,000375	8,60				
160	77	0,000385	8,88				
165	79	0,000395	9,16				
170	81	0,000405	9,43				
175	82	0,000410	9,71				
180	83	0,000415	9,99				
185	86	0,000430	10,27				
190	88	0,000440	10,54				



## Benda uji 2

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	131	0,000655	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	135	0,000675	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	137	0,000685	12,21
15	7	0,000035	0,83	225	141	0,000705	12,49
20	10	0,000050	1,11	230	144	0,000720	12,76
25	13	0,000065	1,39	235	147	0,000735	13,04
30	18	0,000090	1,66	240	150	0,000750	13,32
35	20	0,000100	1,94	245	153	0,000765	13,60
40	23	0,000115	2,22	250	156	0,000780	13,87
45	26	0,000130	2,50	255	160	0,000800	14,15
50	29	0,000145	2,77	260	163	0,000815	14,43
55	33	0,000165	3,05	265	167	0,000835	14,71
60	37	0,000185	3,33	270	171	0,000855	14,98
65	41	0,000205	3,61	275	174	0,000870	15,26
70	43	0,000215	3,88	280	177	0,000885	15,54
75	46	0,000230	4,16	285	181	0,000905	15,81
80	49	0,000245	4,44	290	185	0,000925	16,09
85	53	0,000265	4,72	295	188	0,000940	16,37
90	55	0,000275	4,99	300	192	0,000960	16,65
95	58	0,000290	5,27	305	195	0,000975	16,92
100	63	0,000315	5,55	310	199	0,000995	17,20
105	67	0,000335	5,83	315	204	0,001020	17,48
110	70	0,000350	6,10	320	207	0,001035	17,76
115	73	0,000365	6,38	325	211	0,001055	18,03
120	75	0,000375	6,66	330	214	0,001070	18,31
125	78	0,000390	6,94	335	218	0,001090	18,59
130	81	0,000405	7,21	340	221	0,001105	18,87
135	85	0,000425	7,49	345	224	0,001120	19,14
140	87	0,000435	7,77	350	228	0,001140	19,42
145	91	0,000455	8,05	355	233	0,001165	19,70
150	94	0,000470	8,32	360	235	0,001175	19,98
155	97	0,000485	8,60	365	238	0,001190	20,25
160	101	0,000505	8,88	370	242	0,001210	20,53
165	103	0,000515	9,16	375	245	0,001225	20,81
170	106	0,000530	9,43	380	249	0,001245	21,09
175	109	0,000545	9,71	385	253	0,001265	21,36
180	112	0,000560	9,99	390	257	0,001285	21,64
185	115	0,000575	10,27	395	261	0,001305	21,92
190	118	0,000590	10,54	400	264	0,001320	22,20
195	121	0,000605	10,82	405	268	0,001340	22,47
200	124	0,000620	11,10	410	272	0,001360	22,75
205	128	0,000640	11,38	415	275	0,001375	23,03

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	277	0,001385	23,31	635	453	0,002265	35,24
425	281	0,001405	23,58	640	457	0,002285	35,51
430	285	0,001425	23,86	645	462	0,002310	35,79
435	289	0,001445	24,14	650	467	0,002335	36,07
440	293	0,001465	24,42	655	474	0,002370	36,35
445	297	0,001485	24,69	660	481	0,002405	36,62
450	301	0,001505	24,97	665	484	0,002420	36,90
455	304	0,001520	25,25	670	488	0,002440	37,18
460	308	0,001540	25,53	675	494	0,002470	37,46
465	312	0,001560	25,80	680	499	0,002495	37,73
470	316	0,001580	26,08	685	507	0,002535	38,01
475	320	0,001600	26,36	690	508	0,002540	38,29
480	323	0,001615	26,64	695	513	0,002565	38,57
485	327	0,001635	26,91	700	517	0,002585	38,84
490	330	0,001650	27,19	705	519	0,002595	39,12
495	336	0,001680	27,47	710	533	0,002665	39,40
500	339	0,001695	27,75	715	538	0,002690	39,68
505	343	0,001715	28,02	720	543	0,002715	39,95
510	347	0,001735	28,30	725	548	0,002740	40,23
515	351	0,001755	28,58	730	553	0,002765	40,51
520	355	0,001775	28,86	735	560	0,002800	40,79
525	358	0,001790	29,13	740	566	0,002830	41,06
530	363	0,001815	29,41	745	572	0,002860	41,34
535	366	0,001830	29,69	750	577	0,002885	41,62
540	370	0,001850	29,97	755	583	0,002915	41,90
545	374	0,001870	30,24	760	589	0,002945	42,17
550	379	0,001895	30,52	765	595	0,002975	42,45
555	384	0,001920	30,80	770	603	0,003015	42,73
560	388	0,001940	31,07	775	610	0,003050	43,01
565	391	0,001955	31,35	780	617	0,003085	43,28
570	396	0,001980	31,63	785	624	0,003120	43,56
575	400	0,002000	31,91	790	629	0,003145	43,84
580	405	0,002025	32,18	795	637	0,003185	44,12
585	409	0,002045	32,46	800	646	0,003230	44,39
590	413	0,002065	32,74	805	656	0,003280	44,67
595	418	0,002090	33,02	810	667	0,003335	44,95
600	421	0,002105	33,29	815	677	0,003385	45,23
605	426	0,002130	33,57	820	684	0,003420	45,50
610	435	0,002175	33,85	825	689	0,003445	45,78
615	438	0,002190	34,13	830	696	0,003480	46,06
620	442	0,002210	34,40				
625	446	0,002230	34,68				
630	449	0,002245	34,96				

## Benda uji 3

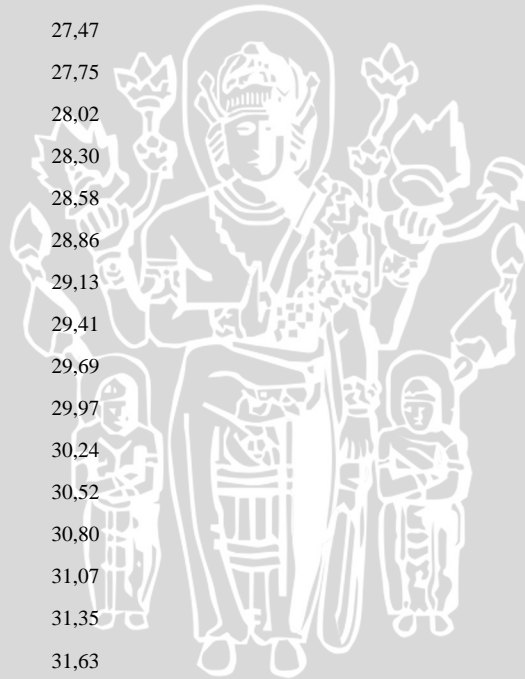
P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	127	0,000635	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	129	0,000645	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	132	0,000660	12,21
15	8	0,000040	0,83	225	134	0,000670	12,49
20	12	0,000060	1,11	230	137	0,000685	12,76
25	15	0,000075	1,39	235	139	0,000695	13,04
30	19	0,000095	1,66	240	142	0,000710	13,32
35	25	0,000125	1,94	245	144	0,000720	13,60
40	27	0,000135	2,22	250	146	0,000730	13,87
45	29	0,000145	2,50	255	148	0,000740	14,15
50	31	0,000155	2,77	260	151	0,000755	14,43
55	34	0,000170	3,05	265	154	0,000770	14,71
60	36	0,000180	3,33	270	158	0,000790	14,98
65	38	0,000190	3,61	275	163	0,000815	15,26
70	40	0,000200	3,88	280	172	0,000860	15,54
75	44	0,000220	4,16	285	178	0,000890	15,81
80	47	0,000235	4,44	290	185	0,000925	16,09
85	50	0,000250	4,72	295	192	0,000960	16,37
90	53	0,000265	4,99	300	200	0,001000	16,65
95	57	0,000285	5,27	305	210	0,001050	16,92
100	62	0,000310	5,55	310	220	0,001100	17,20
105	64	0,000320	5,83	315	236	0,001180	17,48
110	68	0,000340	6,10	316	-	-	17,54
115	71	0,000355	6,38				
120	74	0,000370	6,66				
125	76	0,000380	6,94				
130	79	0,000395	7,21				
135	82	0,000410	7,49				
140	86	0,000430	7,77				
145	89	0,000445	8,05				
150	92	0,000460	8,32				
155	95	0,000475	8,60				
160	98	0,000490	8,88				
165	101	0,000505	9,16				
170	104	0,000520	9,43				
175	106	0,000530	9,71				
180	110	0,000550	9,99				
185	113	0,000565	10,27				
190	116	0,000580	10,54				
195	118	0,000590	10,82				
200	121	0,000605	11,10				
205	124	0,000620	11,38				

## Benda uji 4

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	117	0,000585	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	120	0,000600	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	123	0,000615	12,21
15	9	0,000045	0,83	225	127	0,000635	12,49
20	12	0,000060	1,11	230	131	0,000655	12,76
25	16	0,000080	1,39	235	135	0,000675	13,04
30	19	0,000095	1,66	240	139	0,000695	13,32
35	21	0,000105	1,94	245	142	0,000710	13,60
40	24	0,000120	2,22	250	147	0,000735	13,87
45	26	0,000130	2,50	255	151	0,000755	14,15
50	29	0,000145	2,77	260	154	0,000770	14,43
55	30	0,000150	3,05	265	158	0,000790	14,71
60	33	0,000165	3,33	270	162	0,000810	14,98
65	35	0,000175	3,61	275	166	0,000830	15,26
70	37	0,000185	3,88	280	170	0,000850	15,54
75	39	0,000195	4,16	285	174	0,000870	15,81
80	41	0,000205	4,44	290	178	0,000890	16,09
85	44	0,000220	4,72	295	182	0,000910	16,37
90	46	0,000230	4,99	300	186	0,000930	16,65
95	48	0,000240	5,27	305	189	0,000945	16,92
100	51	0,000255	5,55	310	194	0,000970	17,20
105	54	0,000270	5,83	315	198	0,000990	17,48
110	56	0,000280	6,10	320	201	0,001005	17,76
115	58	0,000290	6,38	325	205	0,001025	18,03
120	61	0,000305	6,66	330	209	0,001045	18,31
125	64	0,000320	6,94	335	214	0,001070	18,59
130	67	0,000335	7,21	340	217	0,001085	18,87
135	70	0,000350	7,49	345	222	0,001110	19,14
140	73	0,000365	7,77	350	226	0,001130	19,42
145	76	0,000380	8,05	355	230	0,001150	19,70
150	78	0,000390	8,32	360	234	0,001170	19,98
155	81	0,000405	8,60	365	238	0,001190	20,25
160	84	0,000420	8,88	370	242	0,001210	20,53
165	87	0,000435	9,16	375	247	0,001235	20,81
170	90	0,000450	9,43	380	251	0,001255	21,09
175	94	0,000470	9,71	385	256	0,001280	21,36
180	97	0,000485	9,99	390	259	0,001295	21,64
185	100	0,000500	10,27	395	264	0,001320	21,92
190	104	0,000520	10,54	400	268	0,001340	22,20
195	107	0,000535	10,82	405	273	0,001365	22,47
200	110	0,000550	11,10	410	276	0,001380	22,75
205	113	0,000565	11,38	415	281	0,001405	23,03

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	288	0,001440	23,31
425	292	0,001460	23,58
430	297	0,001485	23,86
435	303	0,001515	24,14
440	305	0,001525	24,42
445	309	0,001545	24,69
450	313	0,001565	24,97
455	319	0,001595	25,25
460	323	0,001615	25,53
465	328	0,001640	25,80
470	334	0,001670	26,08
475	338	0,001690	26,36
480	343	0,001715	26,64
485	348	0,001740	26,91
490	353	0,001765	27,19
495	359	0,001795	27,47
500	365	0,001825	27,75
505	370	0,001850	28,02
510	375	0,001875	28,30
515	380	0,001900	28,58
520	385	0,001925	28,86
525	392	0,001960	29,13
530	401	0,002005	29,41
535	404	0,002020	29,69
540	408	0,002040	29,97
545	413	0,002065	30,24
550	418	0,002090	30,52
555	426	0,002130	30,80
560	432	0,002160	31,07
565	436	0,002180	31,35
570	442	0,002210	31,63
575	448	0,002240	31,91
580	454	0,002270	32,18
585	460	0,002300	32,46
590	468	0,002340	32,74
595	474	0,002370	33,02
600	480	0,002400	33,29
605	485	0,002425	33,57
610	493	0,002465	33,85
615	500	0,002500	34,13
620	507	0,002535	34,40
625	513	0,002565	34,68
630	522	0,002610	34,96

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
635	530	0,002650	35,24
640	537	0,002685	35,51
645	546	0,002730	35,79
650	555	0,002775	36,07
655	566	0,002830	36,35
660	578	0,002890	36,62
665	588	0,002940	36,90
670	598	0,002990	37,18
675	610	0,003050	37,46
680	630	0,003150	37,73
685	655	0,003275	38,01



## Benda uji 5

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0,000000	0,00	0	210	136	0,000680	11,65
5	0,000025	0,28	5	215	138	0,000690	11,93
8	0,000040	0,55	8	220	142	0,000710	12,21
11	0,000055	0,83	11	225	145	0,000725	12,49
14	0,000070	1,11	14	230	148	0,000740	12,76
19	0,000095	1,39	19	235	151	0,000755	13,04
21	0,000105	1,66	21	240	154	0,000770	13,32
24	0,000120	1,94	24	245	157	0,000785	13,60
27	0,000135	2,22	27	250	161	0,000805	13,87
30	0,000150	2,50	30	255	164	0,000820	14,15
34	0,000170	2,77	34	260	168	0,000840	14,43
38	0,000190	3,05	38	265	172	0,000860	14,71
42	0,000210	3,33	42	270	175	0,000875	14,98
44	0,000220	3,61	44	275	178	0,000890	15,26
47	0,000235	3,88	47	280	182	0,000910	15,54
50	0,000250	4,16	50	285	186	0,000930	15,81
54	0,000270	4,44	54	290	189	0,000945	16,09
56	0,000280	4,72	56	295	193	0,000965	16,37
59	0,000295	4,99	59	300	196	0,000980	16,65
64	0,000320	5,27	64	305	200	0,001000	16,92
68	0,000340	5,55	68	310	205	0,001025	17,20
71	0,000355	5,83	71	315	208	0,001040	17,48
74	0,000370	6,10	74	320	212	0,001060	17,76
76	0,000380	6,38	76	325	215	0,001075	18,03
79	0,000395	6,66	79	330	219	0,001095	18,31
82	0,000410	6,94	82	335	222	0,001110	18,59
86	0,000430	7,21	86	340	225	0,001125	18,87
88	0,000440	7,49	88	345	229	0,001145	19,14
92	0,000460	7,77	92	350	234	0,001170	19,42
95	0,000475	8,05	95	355	236	0,001180	19,70
98	0,000490	8,32	98	360	239	0,001195	19,98
102	0,000510	8,60	102	365	243	0,001215	20,25
104	0,000520	8,88	104	370	246	0,001230	20,53
107	0,000535	9,16	107	375	250	0,001250	20,81
110	0,000550	9,43	110	380	254	0,001270	21,09
113	0,000565	9,71	113	385	258	0,001290	21,36
116	0,000580	9,99	116	390	262	0,001310	21,64
119	0,000595	10,27	119	395	265	0,001325	21,92
122	0,000610	10,54	122	400	269	0,001345	22,20
125	0,000625	10,82	125	405	273	0,001365	22,47
129	0,000645	11,10	129	410	276	0,001380	22,75
132	0,000660	11,38	132	415	278	0,001390	23,03

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	282	0,001410	23,31	635	458	0,002290	35,24
425	286	0,001430	23,58	640	463	0,002315	35,51
430	290	0,001450	23,86	645	468	0,002340	35,79
435	294	0,001470	24,14	650	475	0,002375	36,07
440	298	0,001490	24,42	655	482	0,002410	36,35
445	302	0,001510	24,69	660	485	0,002425	36,62
450	305	0,001525	24,97	665	489	0,002445	36,90
455	309	0,001545	25,25	670	495	0,002475	37,18
460	313	0,001565	25,53	675	500	0,002500	37,46
465	317	0,001585	25,80	680	508	0,002540	37,73
470	321	0,001605	26,08	685	509	0,002545	38,01
475	324	0,001620	26,36	690	514	0,002570	38,29
480	328	0,001640	26,64	695	518	0,002590	38,57
485	331	0,001655	26,91	700	520	0,002600	38,84
490	337	0,001685	27,19	705	534	0,002670	39,12
495	340	0,001700	27,47	710	539	0,002695	39,40
500	344	0,001720	27,75	715	544	0,002720	39,68
505	348	0,001740	28,02	720	549	0,002745	39,95
510	352	0,001760	28,30	725	554	0,002770	40,23
515	356	0,001780	28,58	730	561	0,002805	40,51
520	359	0,001795	28,86	735	567	0,002835	40,79
525	364	0,001820	29,13	740	573	0,002865	41,06
530	367	0,001835	29,41	745	578	0,002890	41,34
535	371	0,001855	29,69	750	584	0,002920	41,62
540	375	0,001875	29,97	755	590	0,002950	41,90
545	380	0,001900	30,24	760	596	0,002980	42,17
550	385	0,001925	30,52	765	604	0,003020	42,45
555	389	0,001945	30,80	770	611	0,003055	42,73
560	392	0,001960	31,07	775	618	0,003090	43,01
565	397	0,001985	31,35	780	625	0,003125	43,28
570	401	0,002005	31,63	785	630	0,003150	43,56
575	406	0,002030	31,91	790	638	0,003190	43,84
580	410	0,002050	32,18	795	647	0,003235	44,12
585	414	0,002070	32,46	800	657	0,003285	44,39
590	419	0,002095	32,74	805	668	0,003340	44,67
595	422	0,002110	33,02	806	-	-	44,73
600	427	0,002135	33,29				
605	436	0,002180	33,57				
610	439	0,002195	33,85				
615	443	0,002215	34,13				
620	447	0,002235	34,40				
625	450	0,002250	34,68				
630	454	0,002270	34,96				

## Benda uji 6

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	205	0,001025	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	211	0,001055	11,93
10	8	0,000040	0,55	220	215	0,001075	12,21
15	13	0,000065	0,83	225	221	0,001105	12,49
20	18	0,000090	1,11	230	227	0,001135	12,76
25	22	0,000110	1,39	235	232	0,001160	13,04
30	27	0,000135	1,66	240	238	0,001190	13,32
35	31	0,000155	1,94	245	244	0,001220	13,60
40	35	0,000175	2,22	250	248	0,001240	13,87
45	41	0,000205	2,50	255	255	0,001275	14,15
50	45	0,000225	2,77	260	261	0,001305	14,43
55	49	0,000245	3,05	265	266	0,001330	14,71
60	52	0,000260	3,33	270	273	0,001365	14,98
65	57	0,000285	3,61	275	276	0,001380	15,26
70	60	0,000300	3,88	280	281	0,001405	15,54
75	64	0,000320	4,16	285	286	0,001430	15,81
80	69	0,000345	4,44	290	292	0,001460	16,09
85	73	0,000365	4,72	295	298	0,001490	16,37
90	77	0,000385	4,99	300	303	0,001515	16,65
95	81	0,000405	5,27	305	309	0,001545	16,92
100	86	0,000430	5,55	310	314	0,001570	17,20
105	92	0,000460	5,83	315	319	0,001595	17,48
110	98	0,000490	6,10	320	324	0,001620	17,76
115	102	0,000510	6,38	325	329	0,001645	18,03
120	106	0,000530	6,66	330	335	0,001675	18,31
125	111	0,000555	6,94	335	340	0,001700	18,59
130	116	0,000580	7,21	340	345	0,001725	18,87
135	122	0,000610	7,49	345	350	0,001750	19,14
140	128	0,000640	7,77	350	355	0,001775	19,42
145	133	0,000665	8,05	355	360	0,001800	19,70
150	138	0,000690	8,32	360	365	0,001825	19,98
155	143	0,000715	8,60	365	373	0,001865	20,25
160	148	0,000740	8,88	370	375	0,001875	20,53
165	154	0,000770	9,16	375	380	0,001900	20,81
170	159	0,000795	9,43	380	385	0,001925	21,09
175	164	0,000820	9,71	385	390	0,001950	21,36
180	170	0,000850	9,99	390	395	0,001975	21,64
185	176	0,000880	10,27	395	400	0,002000	21,92
190	182	0,000910	10,54	400	406	0,002030	22,20
195	188	0,000940	10,82	405	413	0,002065	22,47
200	194	0,000970	11,10	410	418	0,002090	22,75
205	199	0,000995	11,38	415	422	0,002110	23,03



P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	428	0,002140	23,31	635	707	0,003535	35,24
425	433	0,002165	23,58	640	712	0,003560	35,51
430	438	0,002190	23,86	645	718	0,003590	35,79
435	443	0,002215	24,14	650	725	0,003625	36,07
440	447	0,002235	24,42	655	732	0,003660	36,35
445	454	0,002270	24,69	660	740	0,003700	36,62
450	458	0,002290	24,97	665	749	0,003745	36,90
455	463	0,002315	25,25	670	757	0,003785	37,18
460	468	0,002340	25,53	675	765	0,003825	37,46
465	474	0,002370	25,80	680	773	0,003865	37,73
470	480	0,002400	26,08	685	782	0,003910	38,01
475	484	0,002420	26,36	690	793	0,003965	38,29
480	491	0,002455	26,64	695	808	0,004040	38,57
485	496	0,002480	26,91	700	825	0,004125	38,84
490	501	0,002505	27,19	705	838	0,004190	39,12
495	508	0,002540	27,47	710	848	0,004240	39,40
500	515	0,002575	27,75	715	855	0,004275	39,68
505	520	0,002600	28,02	716	-	-	39,73
510	529	0,002645	28,30				
515	532	0,002660	28,58				
520	538	0,002690	28,86				
525	544	0,002720	29,13				
530	549	0,002745	29,41				
535	558	0,002790	29,69				
540	565	0,002825	29,97				
545	574	0,002870	30,24				
550	578	0,002890	30,52				
555	584	0,002920	30,80				
560	589	0,002945	31,07				
565	595	0,002975	31,35				
570	600	0,003000	31,63				
575	609	0,003045	31,91				
580	614	0,003070	32,18				
585	621	0,003105	32,46				
590	627	0,003135	32,74				
595	633	0,003165	33,02				
600	642	0,003210	33,29				
605	648	0,003240	33,57				
610	652	0,003260	33,85				
615	657	0,003285	34,13				
620	666	0,003330	34,40				
625	684	0,003420	34,68				
630	698	0,003490	34,96				

## Benda uji 7

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	140	0,000700	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	144	0,000720	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	147	0,000735	12,21
15	10	0,000050	0,83	225	149	0,000745	12,49
20	13	0,000065	1,11	230	152	0,000760	12,76
25	16	0,000080	1,39	235	156	0,000780	13,04
30	19	0,000095	1,66	240	159	0,000795	13,32
35	23	0,000115	1,94	245	162	0,000810	13,60
40	26	0,000130	2,22	250	166	0,000830	13,87
45	29	0,000145	2,50	255	170	0,000850	14,15
50	33	0,000165	2,77	260	173	0,000865	14,43
55	35	0,000175	3,05	265	177	0,000885	14,71
60	38	0,000190	3,33	270	181	0,000905	14,98
65	41	0,000205	3,61	275	185	0,000925	15,26
70	44	0,000220	3,88	280	189	0,000945	15,54
75	47	0,000235	4,16	285	192	0,000960	15,81
80	50	0,000250	4,44	290	196	0,000980	16,09
85	53	0,000265	4,72	295	200	0,001000	16,37
90	56	0,000280	4,99	300	204	0,001020	16,65
95	59	0,000295	5,27	305	207	0,001035	16,92
100	63	0,000315	5,55	310	214	0,001070	17,20
105	66	0,000330	5,83	315	215	0,001075	17,48
110	69	0,000345	6,10	320	219	0,001095	17,76
115	73	0,000365	6,38	325	222	0,001110	18,03
120	75	0,000375	6,66	330	226	0,001130	18,31
125	79	0,000395	6,94	335	229	0,001145	18,59
130	82	0,000410	7,21	340	234	0,001170	18,87
135	86	0,000430	7,49	345	237	0,001185	19,14
140	90	0,000450	7,77	350	243	0,001215	19,42
145	93	0,000465	8,05	355	245	0,001225	19,70
150	96	0,000480	8,32	360	246	0,001230	19,98
155	99	0,000495	8,60	365	254	0,001270	20,25
160	103	0,000515	8,88	370	258	0,001290	20,53
165	106	0,000530	9,16	375	262	0,001310	20,81
170	110	0,000550	9,43	380	266	0,001330	21,09
175	113	0,000565	9,71	385	269	0,001345	21,36
180	116	0,000580	9,99	390	272	0,001360	21,64
185	122	0,000610	10,27	395	277	0,001385	21,92
190	126	0,000630	10,54	400	283	0,001415	22,20
195	129	0,000645	10,82	405	286	0,001430	22,47
200	131	0,000655	11,10	410	289	0,001445	22,75
205	137	0,000685	11,38	415	294	0,001470	23,03

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	299	0,001495	23,31	635	496	0,002480	35,24
425	302	0,001510	23,58	640	502	0,002510	35,51
430	307	0,001535	23,86	645	506	0,002530	35,79
435	311	0,001555	24,14	650	512	0,002560	36,07
440	314	0,001570	24,42	655	514	0,002570	36,35
445	318	0,001590	24,69	660	531	0,002655	36,62
450	324	0,001620	24,97	665	534	0,002670	36,90
455	327	0,001635	25,25	670	549	0,002745	37,18
460	331	0,001655	25,53	675	553	0,002765	37,46
465	336	0,001680	25,80	680	557	0,002785	37,73
470	340	0,001700	26,08	685	560	0,002800	38,01
475	345	0,001725	26,36	690	567	0,002835	38,29
480	350	0,001750	26,64	695	572	0,002860	38,57
485	354	0,001770	26,91	700	577	0,002885	38,84
490	359	0,001795	27,19	705	582	0,002910	39,12
495	363	0,001815	27,47	710	588	0,002940	39,40
500	369	0,001845	27,75	715	594	0,002970	39,68
505	373	0,001865	28,02	720	600	0,003000	39,95
510	378	0,001890	28,30	725	606	0,003030	40,23
515	382	0,001910	28,58	730	614	0,003070	40,51
520	387	0,001935	28,86	735	622	0,003110	40,79
525	391	0,001955	29,13	740	630	0,003150	41,06
530	396	0,001980	29,41	745	634	0,003170	41,34
535	399	0,001995	29,69	748	-	-	41,51
540	404	0,002020	29,97				
545	409	0,002045	30,24				
550	412	0,002060	30,52				
555	416	0,002080	30,80				
560	422	0,002110	31,07				
565	426	0,002130	31,35				
570	430	0,002150	31,63				
575	435	0,002175	31,91				
580	439	0,002195	32,18				
585	444	0,002220	32,46				
590	450	0,002250	32,74				
595	455	0,002275	33,02				
600	460	0,002300	33,29				
605	465	0,002325	33,57				
610	471	0,002355	33,85				
615	476	0,002380	34,13				
620	482	0,002410	34,40				
625	488	0,002440	34,68				
630	492	0,002460	34,96				

## Benda uji 8

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	106	0,000530	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	109	0,000545	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	112	0,000560	12,21
15	8	0,000040	0,83	225	114	0,000570	12,49
20	11	0,000055	1,11	230	118	0,000590	12,76
25	14	0,000070	1,39	235	121	0,000605	13,04
30	16	0,000080	1,66	240	125	0,000625	13,32
35	17	0,000085	1,94	245	128	0,000640	13,60
40	19	0,000095	2,22	250	132	0,000660	13,87
45	22	0,000110	2,50	255	135	0,000675	14,15
50	23	0,000115	2,77	260	139	0,000695	14,43
55	24	0,000120	3,05	265	141	0,000705	14,71
60	26	0,000130	3,33	270	145	0,000725	14,98
65	29	0,000145	3,61	275	148	0,000740	15,26
70	31	0,000155	3,88	280	152	0,000760	15,54
75	33	0,000165	4,16	285	155	0,000775	15,81
80	35	0,000175	4,44	290	159	0,000795	16,09
85	37	0,000185	4,72	295	162	0,000810	16,37
90	39	0,000195	4,99	300	166	0,000830	16,65
95	42	0,000210	5,27	305	169	0,000845	16,92
100	44	0,000220	5,55	310	173	0,000865	17,20
105	47	0,000235	5,83	315	177	0,000885	17,48
110	49	0,000245	6,10	320	180	0,000900	17,76
115	51	0,000255	6,38	325	183	0,000915	18,03
120	54	0,000270	6,66	330	187	0,000935	18,31
125	57	0,000285	6,94	335	189	0,000945	18,59
130	59	0,000295	7,21	340	192	0,000960	18,87
135	62	0,000310	7,49	345	196	0,000980	19,14
140	65	0,000325	7,77	350	201	0,001005	19,42
145	67	0,000335	8,05	355	204	0,001020	19,70
150	70	0,000350	8,32	360	208	0,001040	19,98
155	73	0,000365	8,60	365	212	0,001060	20,25
160	77	0,000385	8,88	370	217	0,001085	20,53
165	89	0,000445	9,16	375	218	0,001090	20,81
170	83	0,000415	9,43	380	224	0,001120	21,09
175	85	0,000425	9,71	385	227	0,001135	21,36
180	88	0,000440	9,99	390	230	0,001150	21,64
185	91	0,000455	10,27	395	234	0,001170	21,92
190	93	0,000465	10,54	400	237	0,001185	22,20
195	97	0,000485	10,82	405	239	0,001195	22,47
200	101	0,000505	11,10	410	243	0,001215	22,75
205	103	0,000515	11,38	415	247	0,001235	23,03

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	251	0,001255	23,31	635	406	0,002030	35,24
425	255	0,001275	23,58	640	412	0,002060	35,51
430	258	0,001290	23,86	645	416	0,002080	35,79
435	262	0,001310	24,14	650	419	0,002095	36,07
440	265	0,001325	24,42	655	424	0,002120	36,35
445	269	0,001345	24,69	660	427	0,002135	36,62
450	272	0,001360	24,97	665	432	0,002160	36,90
455	276	0,001380	25,25	670	435	0,002175	37,18
460	279	0,001395	25,53	675	438	0,002190	37,46
465	283	0,001415	25,80	680	443	0,002215	37,73
470	287	0,001435	26,08	685	447	0,002235	38,01
475	290	0,001450	26,36	690	451	0,002255	38,29
480	294	0,001470	26,64	695	455	0,002275	38,57
485	298	0,001490	26,91	700	459	0,002295	38,84
490	302	0,001510	27,19	705	461	0,002305	39,12
495	305	0,001525	27,47	710	465	0,002325	39,40
500	309	0,001545	27,75	715	473	0,002365	39,68
505	313	0,001565	28,02	720	478	0,002390	39,95
510	317	0,001585	28,30	725	483	0,002415	40,23
515	321	0,001605	28,58	730	485	0,002425	40,51
520	324	0,001620	28,86	735	490	0,002450	40,79
525	328	0,001640	29,13	740	492	0,002460	41,06
530	332	0,001660	29,41	745	499	0,002495	41,34
535	336	0,001680	29,69	750	504	0,002520	41,62
540	340	0,001700	29,97	755	509	0,002545	41,90
545	343	0,001715	30,24	760	513	0,002565	42,17
550	347	0,001735	30,52	764	-	-	42,40
555	350	0,001750	30,80				
560	355	0,001775	31,07				
565	358	0,001790	31,35				
570	362	0,001810	31,63				
575	366	0,001830	31,91				
580	370	0,001850	32,18				
585	374	0,001870	32,46				
590	378	0,001890	32,74				
595	382	0,001910	33,02				
600	386	0,001930	33,29				
605	389	0,001945	33,57				
610	392	0,001960	33,85				
615	394	0,001970	34,13				
620	396	0,001980	34,40				
625	399	0,001995	34,68				
630	404	0,002020	34,96				

## Benda uji 9

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	98	0,000490	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	101	0,000505	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	104	0,000520	12,21
15	6	0,000030	0,83	225	107	0,000535	12,49
20	8	0,000040	1,11	230	111	0,000555	12,76
25	11	0,000055	1,39	235	114	0,000570	13,04
30	12	0,000060	1,66	240	118	0,000590	13,32
35	14	0,000070	1,94	245	120	0,000600	13,60
40	15	0,000075	2,22	250	123	0,000615	13,87
45	17	0,000085	2,50	255	126	0,000630	14,15
50	19	0,000095	2,77	260	128	0,000640	14,43
55	21	0,000105	3,05	265	132	0,000660	14,71
60	23	0,000115	3,33	270	135	0,000675	14,98
65	26	0,000130	3,61	275	139	0,000695	15,26
70	27	0,000135	3,88	280	143	0,000715	15,54
75	29	0,000145	4,16	285	145	0,000725	15,81
80	31	0,000155	4,44	290	148	0,000740	16,09
85	33	0,000165	4,72	295	151	0,000755	16,37
90	35	0,000175	4,99	300	154	0,000770	16,65
95	37	0,000185	5,27	305	157	0,000785	16,92
100	40	0,000200	5,55	310	161	0,000805	17,20
105	42	0,000210	5,83	315	164	0,000820	17,48
110	45	0,000225	6,10	320	168	0,000840	17,76
115	48	0,000240	6,38	325	171	0,000855	18,03
120	50	0,000250	6,66	330	175	0,000875	18,31
125	52	0,000260	6,94	335	179	0,000895	18,59
130	55	0,000275	7,21	340	182	0,000910	18,87
135	57	0,000285	7,49	345	184	0,000920	19,14
140	60	0,000300	7,77	350	187	0,000935	19,42
145	62	0,000310	8,05	355	191	0,000955	19,70
150	65	0,000325	8,32	360	194	0,000970	19,98
155	67	0,000335	8,60	365	197	0,000985	20,25
160	70	0,000350	8,88	370	200	0,001000	20,53
165	73	0,000365	9,16	375	204	0,001020	20,81
170	75	0,000375	9,43	380	207	0,001035	21,09
175	78	0,000390	9,71	385	211	0,001055	21,36
180	82	0,000410	9,99	390	214	0,001070	21,64
185	84	0,000420	10,27	395	217	0,001085	21,92
190	86	0,000430	10,54	400	221	0,001105	22,20
195	89	0,000445	10,82	405	225	0,001125	22,47
200	92	0,000460	11,10	410	228	0,001140	22,75
205	95	0,000475	11,38	415	231	0,001155	23,03

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	235	0,001175	23,31	635	405	0,002025	35,24
425	238	0,001190	23,58	640	409	0,002045	35,51
430	242	0,001210	23,86	645	414	0,002070	35,79
435	245	0,001225	24,14	650	419	0,002095	36,07
440	249	0,001245	24,42	655	426	0,002130	36,35
445	252	0,001260	24,69	660	429	0,002145	36,62
450	256	0,001280	24,97	665	434	0,002170	36,90
455	259	0,001295	25,25	670	438	0,002190	37,18
460	263	0,001315	25,53	675	442	0,002210	37,46
465	267	0,001335	25,80	680	446	0,002230	37,73
470	270	0,001350	26,08	685	448	0,002240	38,01
475	273	0,001365	26,36	690	450	0,002250	38,29
480	277	0,001385	26,64	695	455	0,002275	38,57
485	281	0,001405	26,91	700	460	0,002300	38,84
490	285	0,001425	27,19	705	465	0,002325	39,12
495	289	0,001445	27,47	710	471	0,002355	39,40
500	293	0,001465	27,75	712	-	-	39,57
505	298	0,001490	28,02				
510	301	0,001505	28,30				
515	304	0,001520	28,58				
520	309	0,001545	28,86				
525	312	0,001560	29,13				
530	316	0,001580	29,41				
535	320	0,001600	29,69				
540	324	0,001620	29,97				
545	329	0,001645	30,24				
550	333	0,001665	30,52				
555	336	0,001680	30,80				
560	340	0,001700	31,07				
565	345	0,001725	31,35				
570	349	0,001745	31,63				
575	354	0,001770	31,91				
580	358	0,001790	32,18				
585	362	0,001810	32,46				
590	367	0,001835	32,74				
595	372	0,001860	33,02				
600	374	0,001870	33,29				
605	377	0,001885	33,57				
610	382	0,001910	33,85				
615	386	0,001930	34,13				
620	391	0,001955	34,40				
625	396	0,001980	34,68				
630	399	0,001995	34,96				

## Benda uji 10

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	96	0,000480	11,65
5	1	0,000005	0,28	215	99	0,000495	11,93
10	2	0,000010	0,55	220	100	0,000500	12,21
15	3	0,000015	0,83	225	103	0,000515	12,49
20	4	0,000020	1,11	230	107	0,000535	12,76
25	5	0,000025	1,39	235	110	0,000550	13,04
30	6	0,000030	1,66	240	114	0,000570	13,32
35	7	0,000035	1,94	245	118	0,000590	13,60
40	8	0,000040	2,22	250	121	0,000605	13,87
45	9	0,000045	2,50	255	124	0,000620	14,15
50	12	0,000060	2,77	260	128	0,000640	14,43
55	13	0,000065	3,05	265	131	0,000655	14,71
60	15	0,000075	3,33	270	136	0,000680	14,98
65	17	0,000085	3,61	275	139	0,000695	15,26
70	18	0,000090	3,88	280	143	0,000715	15,54
75	19	0,000095	4,16	285	147	0,000735	15,81
80	21	0,000105	4,44	290	151	0,000755	16,09
85	22	0,000110	4,72	295	155	0,000775	16,37
90	24	0,000120	4,99	300	160	0,000800	16,65
95	26	0,000130	5,27	305	164	0,000820	16,92
100	28	0,000140	5,55	310	169	0,000845	17,20
105	31	0,000155	5,83	315	172	0,000860	17,48
110	33	0,000165	6,10	320	177	0,000885	17,76
115	35	0,000175	6,38	325	181	0,000905	18,03
120	38	0,000190	6,66	330	185	0,000925	18,31
125	41	0,000205	6,94	335	189	0,000945	18,59
130	44	0,000220	7,21	340	193	0,000965	18,87
135	47	0,000235	7,49	345	197	0,000985	19,14
140	49	0,000245	7,77	350	202	0,001010	19,42
145	52	0,000260	8,05	355	206	0,001030	19,70
150	56	0,000280	8,32	360	210	0,001050	19,98
155	59	0,000295	8,60	365	212	0,001060	20,25
160	62	0,000310	8,88	370	216	0,001080	20,53
165	66	0,000330	9,16	375	218	0,001090	20,81
170	69	0,000345	9,43	380	219	0,001095	21,09
175	72	0,000360	9,71	385	221	0,001105	21,36
180	75	0,000375	9,99	390	223	0,001115	21,64
185	78	0,000390	10,27	395	224	0,001120	21,92
190	82	0,000410	10,54	400	226	0,001130	22,20
195	85	0,000425	10,82	405	230	0,001150	22,47
200	89	0,000445	11,10	410	234	0,001170	22,75
205	92	0,000460	11,38	415	238	0,001190	23,03



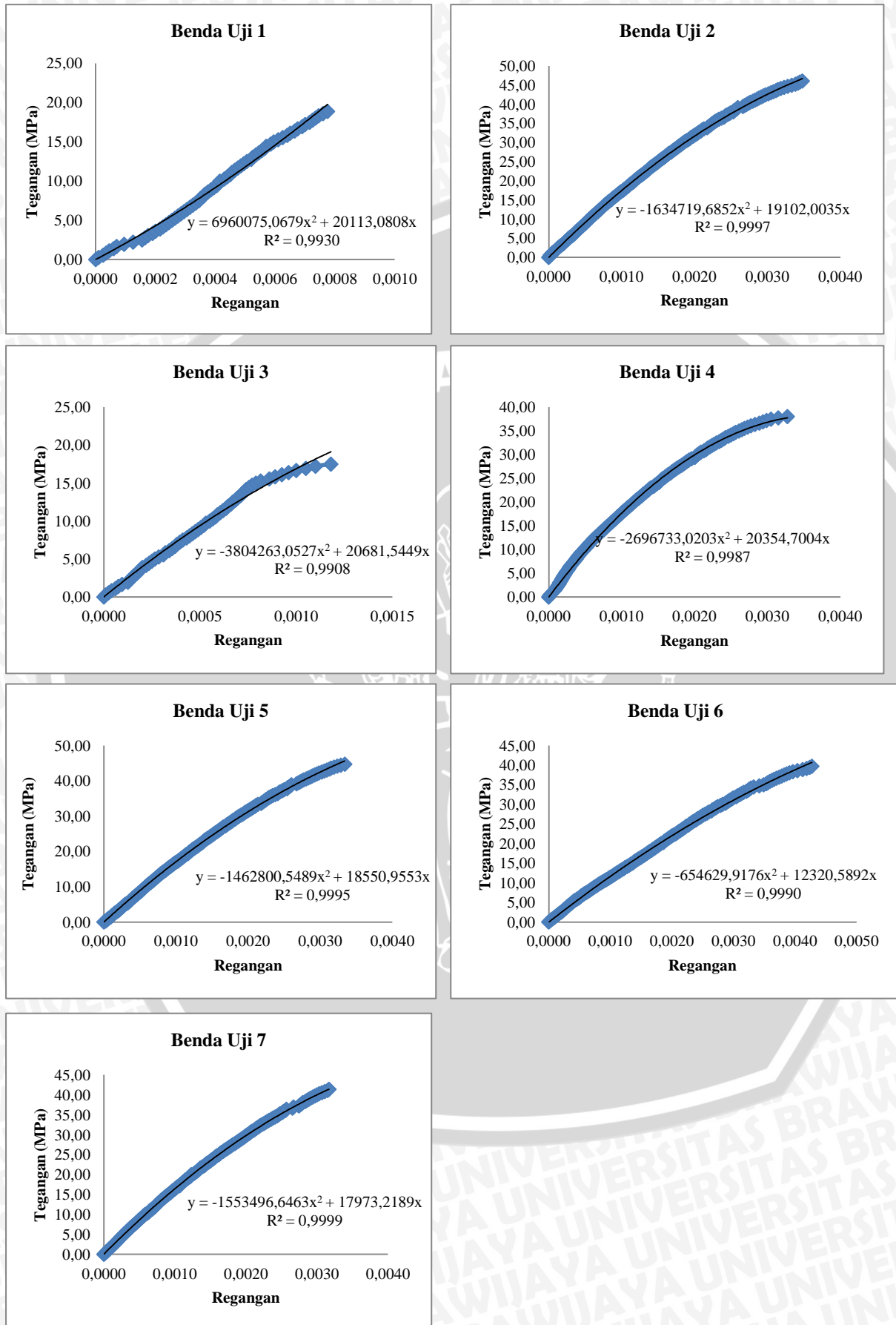
P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	242	0,001210	23,31
425	247	0,001235	23,58
430	251	0,001255	23,86
435	256	0,001280	24,14
440	259	0,001295	24,42
445	264	0,001320	24,69
450	268	0,001340	24,97
455	273	0,001365	25,25
460	276	0,001380	25,53
465	281	0,001405	25,80
470	288	0,001440	26,08
475	292	0,001460	26,36
480	297	0,001485	26,64
485	303	0,001515	26,91
490	305	0,001525	27,19
495	309	0,001545	27,47
500	313	0,001565	27,75
505	319	0,001595	28,02
510	323	0,001615	28,30
515	328	0,001640	28,58
520	334	0,001670	28,86
525	338	0,001690	29,13
530	343	0,001715	29,41
535	348	0,001740	29,69
540	353	0,001765	29,97
545	359	0,001795	30,24
550	365	0,001825	30,52
555	370	0,001850	30,80
560	375	0,001875	31,07
565	380	0,001900	31,35
570	385	0,001925	31,63
575	392	0,001960	31,91
580	401	0,002005	32,18
585	404	0,002020	32,46
590	408	0,002040	32,74
595	413	0,002065	33,02
600	418	0,002090	33,29
605	426	0,002130	33,57
610	432	0,002160	33,85
615	436	0,002180	34,13
620	442	0,002210	34,40
625	448	0,002240	34,68
630	454	0,002270	34,96

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
635	460	0,002300	35,24
640	468	0,002340	35,51
645	474	0,002370	35,79
650	480	0,002400	36,07
655	485	0,002425	36,35
660	493	0,002465	36,62
665	-	-	36,73

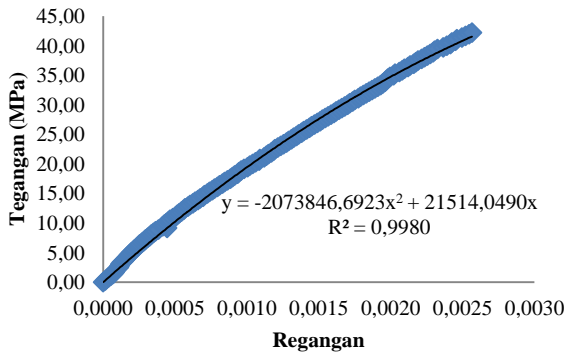
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



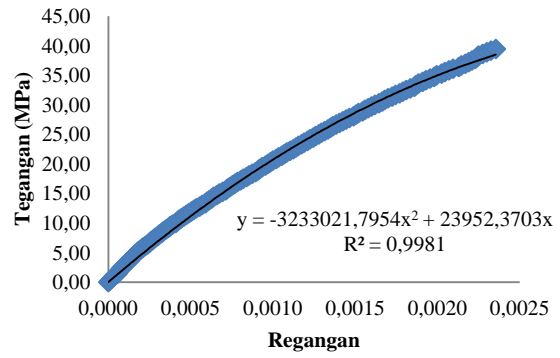
Gambar grafik hubungan tegangan regangan beton normal FAS 0,4



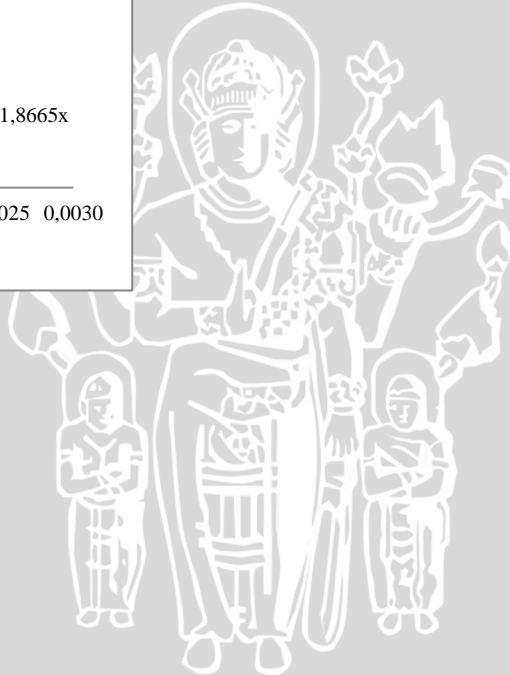
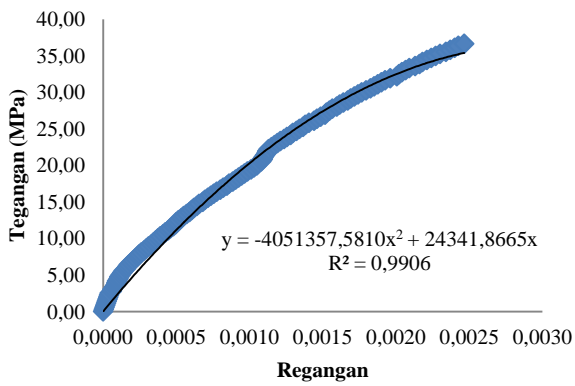
**Benda Uji 8**



**Benda Uji 9**



**Benda Uji 10**



## Daftar nilai modulus tiap benda uji

No.	$ax^2$	$bx$	$\epsilon_2$	$S_2$ (Mpa)	$\epsilon_1$	$S_1$ (Mpa)	$E_c$ (Mpa)
1	6960075,07	20113,08	0,00034	7,57	0,00005	1,023054	22806,74
2	-1634719,69	19102,00	0,00106	18,42	0,00005	0,951013	17286,25
3	-3804263,05	20681,55	0,00036	7,01	0,00005	1,024567	19108,70
4	-2696733,02	20354,70	0,00084	15,20	0,00005	1,010993	17953,01
5	-1462800,55	18550,96	0,00105	17,89	0,00005	0,923891	16939,56
6	-654629,92	12320,59	0,00139	15,89	0,00005	0,614393	11375,94
7	-1553496,65	17973,22	0,00101	16,60	0,00005	0,894777	16322,88
8	-2073846,69	21514,05	0,00086	16,96	0,00005	1,070518	19628,03
9	-3233021,80	23952,37	0,00073	15,83	0,00005	1,189536	21419,91
10	-4051357,58	24341,87	0,00068	14,69	0,00005	1,206965	21381,18

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## Lampiran 6

## Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal FAS 0,5

## Benda uji 1

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	195	178	0,000890	10,82
5	5	0,000025	0,28	200	185	0,000925	11,10
10	10	0,000050	0,55	205	190	0,000950	11,38
15	15	0,000075	0,83	210	195	0,000975	11,65
20	20	0,000100	1,11	215	200	0,001000	11,93
25	24	0,000120	1,39	220	205	0,001025	12,21
30	28	0,000140	1,66	225	212	0,001060	12,49
35	30	0,000150	1,94	230	218	0,001090	12,76
40	33	0,000165	2,22	235	225	0,001125	13,04
45	38	0,000190	2,50	240	231	0,001155	13,32
50	42	0,000210	2,77	245	237	0,001185	13,60
55	45	0,000225	3,05	250	241	0,001205	13,87
60	48	0,000240	3,33	255	247	0,001235	14,15
65	52	0,000260	3,61	260	254	0,001270	14,43
70	55	0,000275	3,88	265	259	0,001295	14,71
75	58	0,000290	4,16	270	266	0,001330	14,98
80	65	0,000325	4,44	275	271	0,001355	15,26
85	69	0,000345	4,72	280	278	0,001390	15,54
90	73	0,000365	4,99	285	284	0,001420	15,81
95	77	0,000385	5,27	290	293	0,001465	16,09
100	82	0,000410	5,55	295	297	0,001485	16,37
105	85	0,000425	5,83	300	303	0,001515	16,65
110	91	0,000455	6,10	305	309	0,001545	16,92
115	95	0,000475	6,38	310	315	0,001575	17,20
120	100	0,000500	6,66	315	322	0,001610	17,48
125	105	0,000525	6,94	320	327	0,001635	17,76
130	110	0,000550	7,21	325	334	0,001670	18,03
135	115	0,000575	7,49	330	342	0,001710	18,31
140	120	0,000600	7,77	335	349	0,001745	18,59
145	125	0,000625	8,05	340	358	0,001790	18,87
150	130	0,000650	8,32	345	365	0,001825	19,14
155	135	0,000675	8,60	350	371	0,001855	19,42
160	140	0,000700	8,88	355	385	0,001925	19,70
165	145	0,000725	9,16	360	390	0,001950	19,98
170	151	0,000755	9,43	365	392	0,001960	20,25
175	157	0,000785	9,71	370	395	0,001975	20,53
180	162	0,000810	9,99	375	397	0,001985	20,81
185	167	0,000835	10,27	380	410	0,002050	21,09
190	173	0,000865	10,54	385	430	0,002150	21,36

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
390	445	0,002225	21,64
395	454	0,002270	21,92
400	459	0,002295	22,20
405	465	0,002325	22,47
410	472	0,002360	22,75
415	482	0,002410	23,03
420	488	0,002440	23,31
425	493	0,002465	23,58
430	517	0,002585	23,86
435	523	0,002615	24,14
440	530	0,002650	24,42
445	538	0,002690	24,69
450	552	0,002760	24,97
455	564	0,002820	25,25
460	579	0,002895	25,53
465	589	0,002945	25,80
470	596	0,002980	26,08
475	602	0,003010	26,36
480	609	0,003045	26,64
485	616	0,003080	26,91
490	624	0,003120	27,19
495	629	0,003145	27,47
500	639	0,003195	27,75
505	647	0,003235	28,02
510	656	0,003280	28,30
515	663	0,003315	28,58
520	671	0,003355	28,86



## Benda uji 2

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	173	0,000865	11,65
5	5	0,000025	0,28	215	178	0,000890	11,93
10	9	0,000045	0,55	220	181	0,000905	12,21
15	12	0,000060	0,83	225	185	0,000925	12,49
20	16	0,000080	1,11	230	189	0,000945	12,76
25	22	0,000110	1,39	235	194	0,000970	13,04
30	25	0,000125	1,66	240	198	0,000990	13,32
35	28	0,000140	1,94	245	203	0,001015	13,60
40	32	0,000160	2,22	250	207	0,001035	13,87
45	37	0,000185	2,50	255	210	0,001050	14,15
50	41	0,000205	2,77	260	214	0,001070	14,43
55	46	0,000230	3,05	265	217	0,001085	14,71
60	51	0,000255	3,33	270	222	0,001110	14,98
65	56	0,000280	3,61	275	226	0,001130	15,26
70	61	0,000305	3,88	280	230	0,001150	15,54
75	65	0,000325	4,16	285	235	0,001175	15,81
80	70	0,000350	4,44	290	240	0,001200	16,09
85	74	0,000370	4,72	295	245	0,001225	16,37
90	78	0,000390	4,99	300	250	0,001250	16,65
95	82	0,000410	5,27	305	255	0,001275	16,92
100	86	0,000430	5,55	310	259	0,001295	17,20
105	91	0,000455	5,83	315	263	0,001315	17,48
110	96	0,000480	6,10	320	268	0,001340	17,76
115	100	0,000500	6,38	325	273	0,001365	18,03
120	104	0,000520	6,66	330	277	0,001385	18,31
125	108	0,000540	6,94	335	281	0,001405	18,59
130	111	0,000555	7,21	340	285	0,001425	18,87
135	116	0,000580	7,49	345	291	0,001455	19,14
140	120	0,000600	7,77	350	295	0,001475	19,42
145	124	0,000620	8,05	355	299	0,001495	19,70
150	128	0,000640	8,32	360	304	0,001520	19,98
155	133	0,000665	8,60	365	309	0,001545	20,25
160	136	0,000680	8,88	370	314	0,001570	20,53
165	139	0,000695	9,16	375	318	0,001590	20,81
170	143	0,000715	9,43	380	323	0,001615	21,09
175	147	0,000735	9,71	385	328	0,001640	21,36
180	151	0,000755	9,99	390	332	0,001660	21,64
185	155	0,000775	10,27	395	338	0,001690	21,92
190	158	0,000790	10,54	400	343	0,001715	22,20
195	164	0,000820	10,82	405	348	0,001740	22,47
200	166	0,000830	11,10	410	355	0,001775	22,75
205	169	0,000845	11,38	415	359	0,001795	23,03



P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	365	0,001825	23,31
425	370	0,001850	23,58
430	375	0,001875	23,86
435	383	0,001915	24,14
440	390	0,001950	24,42
445	398	0,001990	24,69
450	405	0,002025	24,97
455	413	0,002065	25,25
460	416	0,002080	25,53
465	420	0,002100	25,80
470	429	0,002145	26,08
475	436	0,002180	26,36
480	444	0,002220	26,64
481	-	-	26,69



## Benda uji 3

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	180	0,000900	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	185	0,000925	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	190	0,000950	12,21
15	10	0,000050	0,83	225	195	0,000975	12,49
20	16	0,000080	1,11	230	200	0,001000	12,76
25	20	0,000100	1,39	235	205	0,001025	13,04
30	23	0,000115	1,66	240	210	0,001050	13,32
35	26	0,000130	1,94	245	215	0,001075	13,60
40	29	0,000145	2,22	250	220	0,001100	13,87
45	33	0,000165	2,50	255	227	0,001135	14,15
50	36	0,000180	2,77	260	231	0,001155	14,43
55	41	0,000205	3,05	265	236	0,001180	14,71
60	44	0,000220	3,33	270	242	0,001210	14,98
65	47	0,000235	3,61	275	248	0,001240	15,26
70	50	0,000250	3,88	280	253	0,001265	15,54
75	54	0,000270	4,16	285	259	0,001295	15,81
80	58	0,000290	4,44	290	265	0,001325	16,09
85	63	0,000315	4,72	295	272	0,001360	16,37
90	66	0,000330	4,99	300	278	0,001390	16,65
95	71	0,000355	5,27	305	283	0,001415	16,92
100	75	0,000375	5,55	310	288	0,001440	17,20
105	79	0,000395	5,83	315	293	0,001465	17,48
110	84	0,000420	6,10	320	299	0,001495	17,76
115	89	0,000445	6,38	325	306	0,001530	18,03
120	93	0,000465	6,66	330	313	0,001565	18,31
125	98	0,000490	6,94	335	318	0,001590	18,59
130	103	0,000515	7,21	340	323	0,001615	18,87
135	107	0,000535	7,49	345	328	0,001640	19,14
140	112	0,000560	7,77	350	334	0,001670	19,42
145	117	0,000585	8,05	355	342	0,001710	19,70
150	122	0,000610	8,32	360	348	0,001740	19,98
155	126	0,000630	8,60	365	356	0,001780	20,25
160	131	0,000655	8,88	370	362	0,001810	20,53
165	136	0,000680	9,16	375	370	0,001850	20,81
170	141	0,000705	9,43	380	378	0,001890	21,09
175	146	0,000730	9,71	385	385	0,001925	21,36
180	151	0,000755	9,99	390	393	0,001965	21,64
185	156	0,000780	10,27	395	399	0,001995	21,92
190	161	0,000805	10,54	400	407	0,002035	22,20
195	166	0,000830	10,82	405	413	0,002065	22,47
200	171	0,000855	11,10	410	421	0,002105	22,75
205	176	0,000880	11,38	415	429	0,002145	23,03

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	438	0,002190	23,31
425	447	0,002235	23,58
430	455	0,002275	23,86
435	460	0,002300	24,14
440	468	0,002340	24,42
445	478	0,002390	24,69
450	490	0,002450	24,97
455	505	0,002525	25,25
460	522	0,002610	25,53
465	532	0,002660	25,80
470	540	0,002700	26,08
475	549	0,002745	26,36
480	556	0,002780	26,64
485	564	0,002820	26,91
490	571	0,002855	27,19
494	-	-	27,41

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## Benda uji 4

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	127	0,000635	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	130	0,000650	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	133	0,000665	12,21
15	7	0,000035	0,83	225	138	0,000690	12,49
20	9	0,000045	1,11	230	142	0,000710	12,76
25	11	0,000055	1,39	235	147	0,000735	13,04
30	13	0,000065	1,66	240	151	0,000755	13,32
35	15	0,000075	1,94	245	155	0,000775	13,60
40	17	0,000085	2,22	250	159	0,000795	13,87
45	19	0,000095	2,50	255	163	0,000815	14,15
50	21	0,000105	2,77	260	168	0,000840	14,43
55	23	0,000115	3,05	265	173	0,000865	14,71
60	26	0,000130	3,33	270	178	0,000890	14,98
65	29	0,000145	3,61	275	182	0,000910	15,26
70	32	0,000160	3,88	280	192	0,000960	15,54
75	34	0,000170	4,16	285	195	0,000975	15,81
80	37	0,000185	4,44	290	198	0,000990	16,09
85	41	0,000205	4,72	295	202	0,001010	16,37
90	43	0,000215	4,99	300	206	0,001030	16,65
95	46	0,000230	5,27	305	212	0,001060	16,92
100	49	0,000245	5,55	310	215	0,001075	17,20
105	53	0,000265	5,83	315	218	0,001090	17,48
110	56	0,000280	6,10	320	223	0,001115	17,76
115	59	0,000295	6,38	325	227	0,001135	18,03
120	62	0,000310	6,66	330	232	0,001160	18,31
125	65	0,000325	6,94	335	234	0,001170	18,59
130	68	0,000340	7,21	340	237	0,001185	18,87
135	72	0,000360	7,49	345	242	0,001210	19,14
140	74	0,000370	7,77	350	247	0,001235	19,42
145	78	0,000390	8,05	355	253	0,001265	19,70
150	83	0,000415	8,32	360	257	0,001285	19,98
155	86	0,000430	8,60	365	262	0,001310	20,25
160	89	0,000445	8,88	370	268	0,001340	20,53
165	93	0,000465	9,16	375	275	0,001375	20,81
170	97	0,000485	9,43	380	280	0,001400	21,09
175	100	0,000500	9,71	385	285	0,001425	21,36
180	104	0,000520	9,99	390	290	0,001450	21,64
185	107	0,000535	10,27	395	295	0,001475	21,92
190	111	0,000555	10,54	400	302	0,001510	22,20
195	116	0,000580	10,82	405	307	0,001535	22,47
200	119	0,000595	11,10	410	315	0,001575	22,75
205	122	0,000610	11,38	415	320	0,001600	23,03

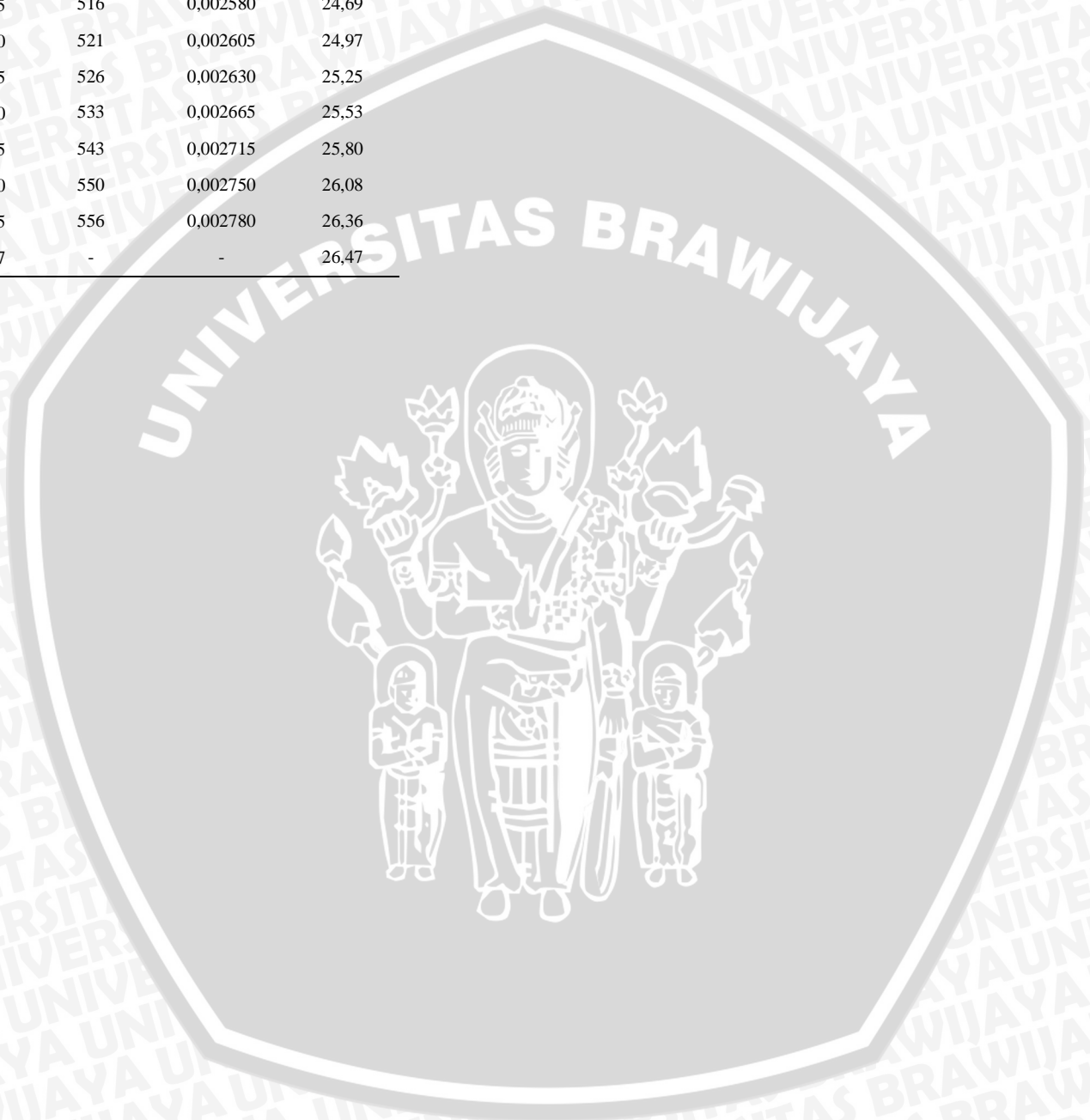
P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	325	0,001625	23,31
425	332	0,001660	23,58
430	342	0,001710	23,86
435	349	0,001745	24,14
440	355	0,001775	24,42
445	362	0,001810	24,69
450	369	0,001845	24,97
455	377	0,001885	25,25
460	382	0,001910	25,53
465	392	0,001960	25,80
470	400	0,002000	26,08
475	409	0,002045	26,36
480	416	0,002080	26,64
485	424	0,002120	26,91
490	431	0,002155	27,19
495	440	0,002200	27,47
498	-	-	27,63



## Benda uji 5

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	232	0,001160	11,65
5	5	0,000025	0,28	215	238	0,001190	11,93
10	11	0,000055	0,55	220	243	0,001215	12,21
15	16	0,000080	0,83	225	248	0,001240	12,49
20	21	0,000105	1,11	230	255	0,001275	12,76
25	26	0,000130	1,39	235	260	0,001300	13,04
30	31	0,000155	1,66	240	268	0,001340	13,32
35	37	0,000185	1,94	245	273	0,001365	13,60
40	43	0,000215	2,22	250	278	0,001390	13,87
45	47	0,000235	2,50	255	284	0,001420	14,15
50	52	0,000260	2,77	260	290	0,001450	14,43
55	57	0,000285	3,05	265	298	0,001490	14,71
60	61	0,000305	3,33	270	305	0,001525	14,98
65	66	0,000330	3,61	275	310	0,001550	15,26
70	71	0,000355	3,88	280	318	0,001590	15,54
75	76	0,000380	4,16	285	325	0,001625	15,81
80	82	0,000410	4,44	290	330	0,001650	16,09
85	89	0,000445	4,72	295	336	0,001680	16,37
90	94	0,000470	4,99	300	342	0,001710	16,65
95	99	0,000495	5,27	305	348	0,001740	16,92
100	105	0,000525	5,55	310	354	0,001770	17,20
105	110	0,000550	5,83	315	362	0,001810	17,48
110	116	0,000580	6,10	320	368	0,001840	17,76
115	121	0,000605	6,38	325	382	0,001910	18,03
120	126	0,000630	6,66	330	399	0,001995	18,31
125	132	0,000660	6,94	335	405	0,002025	18,59
130	139	0,000695	7,21	340	408	0,002040	18,87
135	145	0,000725	7,49	345	413	0,002065	19,14
140	150	0,000750	7,77	350	418	0,002090	19,42
145	155	0,000775	8,05	355	423	0,002115	19,70
150	160	0,000800	8,32	360	426	0,002130	19,98
155	165	0,000825	8,60	365	433	0,002165	20,25
160	173	0,000865	8,88	370	437	0,002185	20,53
165	180	0,000900	9,16	375	442	0,002210	20,81
170	185	0,000925	9,43	380	448	0,002240	21,09
175	190	0,000950	9,71	385	451	0,002255	21,36
180	195	0,000975	9,99	390	456	0,002280	21,64
185	200	0,001000	10,27	395	461	0,002305	21,92
190	208	0,001040	10,54	400	463	0,002315	22,20
195	213	0,001065	10,82	405	469	0,002345	22,47
200	219	0,001095	11,10	410	476	0,002380	22,75
205	223	0,001115	11,38	415	481	0,002405	23,03

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	486	0,002430	23,31
425	491	0,002455	23,58
430	496	0,002480	23,86
435	503	0,002515	24,14
440	508	0,002540	24,42
445	516	0,002580	24,69
450	521	0,002605	24,97
455	526	0,002630	25,25
460	533	0,002665	25,53
465	543	0,002715	25,80
470	550	0,002750	26,08
475	556	0,002780	26,36
477	-	-	26,47



## Benda uji 6

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	142	0,000710	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	146	0,000730	11,93
10	6	0,000030	0,55	220	149	0,000745	12,21
15	12	0,000060	0,83	225	154	0,000770	12,49
20	13	0,000065	1,11	230	158	0,000790	12,76
25	16	0,000080	1,39	235	162	0,000810	13,04
30	20	0,000100	1,66	240	166	0,000830	13,32
35	24	0,000120	1,94	245	169	0,000845	13,60
40	27	0,000135	2,22	250	173	0,000865	13,87
45	29	0,000145	2,50	255	178	0,000890	14,15
50	34	0,000170	2,77	260	182	0,000910	14,43
55	37	0,000185	3,05	265	186	0,000930	14,71
60	40	0,000200	3,33	270	190	0,000950	14,98
65	43	0,000215	3,61	275	194	0,000970	15,26
70	47	0,000235	3,88	280	198	0,000990	15,54
75	50	0,000250	4,16	285	202	0,001010	15,81
80	54	0,000270	4,44	290	206	0,001030	16,09
85	58	0,000290	4,72	295	212	0,001060	16,37
90	61	0,000305	4,99	300	214	0,001070	16,65
95	65	0,000325	5,27	305	219	0,001095	16,92
100	68	0,000340	5,55	310	224	0,001120	17,20
105	72	0,000360	5,83	315	229	0,001145	17,48
110	74	0,000370	6,10	320	234	0,001170	17,76
115	77	0,000385	6,38	325	237	0,001185	18,03
120	81	0,000405	6,66	330	241	0,001205	18,31
125	87	0,000435	6,94	335	246	0,001230	18,59
130	88	0,000440	7,21	340	250	0,001250	18,87
135	90	0,000450	7,49	345	256	0,001280	19,14
140	94	0,000470	7,77	350	260	0,001300	19,42
145	97	0,000485	8,05	355	266	0,001330	19,70
150	100	0,000500	8,32	360	270	0,001350	19,98
155	104	0,000520	8,60	365	276	0,001380	20,25
160	107	0,000535	8,88	370	280	0,001400	20,53
165	110	0,000550	9,16	375	285	0,001425	20,81
170	113	0,000565	9,43	380	290	0,001450	21,09
175	117	0,000585	9,71	385	296	0,001480	21,36
180	120	0,000600	9,99	390	300	0,001500	21,64
185	124	0,000620	10,27	395	305	0,001525	21,92
190	128	0,000640	10,54	400	311	0,001555	22,20
195	132	0,000660	10,82	405	318	0,001590	22,47
200	135	0,000675	11,10	410	323	0,001615	22,75
205	138	0,000690	11,38	415	328	0,001640	23,03



P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	333	0,001665	23,31
425	338	0,001690	23,58
430	345	0,001725	23,86
435	350	0,001750	24,14
440	358	0,001790	24,42
445	363	0,001815	24,69
450	368	0,001840	24,97
455	375	0,001875	25,25
460	385	0,001925	25,53
465	392	0,001960	25,80
470	398	0,001990	26,08
475	405	0,002025	26,36
480	412	0,002060	26,64
485	420	0,002100	26,91
490	425	0,002125	27,19
495	435	0,002175	27,47
500	443	0,002215	27,75
505	452	0,002260	28,02
510	459	0,002295	28,30
515	467	0,002335	28,58
520	474	0,002370	28,86
525	482	0,002410	29,13
530	490	0,002450	29,41
535	500	0,002500	29,69
540	509	0,002545	29,97
545	518	0,002590	30,24
550	530	0,002650	30,52
555	548	0,002740	30,80
560	563	0,002815	31,07
563	-	-	31,24



## Benda uji 7

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	105	0,000525	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	108	0,000540	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	113	0,000565	12,21
15	6	0,000030	0,83	225	117	0,000585	12,49
20	8	0,000040	1,11	230	121	0,000605	12,76
25	10	0,000050	1,39	235	125	0,000625	13,04
30	12	0,000060	1,66	240	128	0,000640	13,32
35	14	0,000070	1,94	245	132	0,000660	13,60
40	16	0,000080	2,22	250	137	0,000685	13,87
45	18	0,000090	2,50	255	141	0,000705	14,15
50	20	0,000100	2,77	260	145	0,000725	14,43
55	22	0,000110	3,05	265	149	0,000745	14,71
60	26	0,000130	3,33	270	153	0,000765	14,98
65	29	0,000145	3,61	275	157	0,000785	15,26
70	33	0,000165	3,88	280	161	0,000805	15,54
75	37	0,000185	4,16	285	165	0,000825	15,81
80	40	0,000200	4,44	290	171	0,000855	16,09
85	43	0,000215	4,72	295	173	0,000865	16,37
90	47	0,000235	4,99	300	178	0,000890	16,65
95	49	0,000245	5,27	305	183	0,000915	16,92
100	53	0,000265	5,55	310	188	0,000940	17,20
105	56	0,000280	5,83	315	193	0,000965	17,48
110	59	0,000295	6,10	320	196	0,000980	17,76
115	62	0,000310	6,38	325	200	0,001000	18,03
120	65	0,000325	6,66	330	205	0,001025	18,31
125	68	0,000340	6,94	335	209	0,001045	18,59
130	72	0,000360	7,21	340	215	0,001075	18,87
135	74	0,000370	7,49	345	219	0,001095	19,14
140	78	0,000390	7,77	350	225	0,001125	19,42
145	80	0,000400	8,05	355	229	0,001145	19,70
150	82	0,000410	8,32	360	235	0,001175	19,98
155	84	0,000420	8,60	365	239	0,001195	20,25
160	85	0,000425	8,88	370	244	0,001220	20,53
165	87	0,000435	9,16	375	249	0,001245	20,81
170	88	0,000440	9,43	380	255	0,001275	21,09
175	90	0,000450	9,71	385	259	0,001295	21,36
180	93	0,000465	9,99	390	264	0,001320	21,64
185	95	0,000475	10,27	395	270	0,001350	21,92
190	97	0,000485	10,54	400	277	0,001385	22,20
195	99	0,000495	10,82	405	282	0,001410	22,47
200	101	0,000505	11,10	410	287	0,001435	22,75
205	103	0,000515	11,38	415	292	0,001460	23,03

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	297	0,001485	23,31
425	304	0,001520	23,58
430	309	0,001545	23,86
435	317	0,001585	24,14
440	324	0,001620	24,42
445	331	0,001655	24,69
450	338	0,001690	24,97
455	346	0,001730	25,25
456	-	-	25,30

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## Benda uji 8

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	144	0,000720	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	148	0,000740	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	151	0,000755	12,21
15	11	0,000055	0,83	225	156	0,000780	12,49
20	15	0,000075	1,11	230	160	0,000800	12,76
25	18	0,000090	1,39	235	164	0,000820	13,04
30	22	0,000110	1,66	240	168	0,000840	13,32
35	26	0,000130	1,94	245	171	0,000855	13,60
40	29	0,000145	2,22	250	175	0,000875	13,87
45	31	0,000155	2,50	255	180	0,000900	14,15
50	36	0,000180	2,77	260	184	0,000920	14,43
55	39	0,000195	3,05	265	188	0,000940	14,71
60	42	0,000210	3,33	270	192	0,000960	14,98
65	45	0,000225	3,61	275	196	0,000980	15,26
70	49	0,000245	3,88	280	200	0,001000	15,54
75	52	0,000260	4,16	285	204	0,001020	15,81
80	56	0,000280	4,44	290	208	0,001040	16,09
85	60	0,000300	4,72	295	214	0,001070	16,37
90	63	0,000315	4,99	300	216	0,001080	16,65
95	67	0,000335	5,27	305	221	0,001105	16,92
100	70	0,000350	5,55	310	226	0,001130	17,20
105	74	0,000370	5,83	315	231	0,001155	17,48
110	76	0,000380	6,10	320	236	0,001180	17,76
115	79	0,000395	6,38	325	239	0,001195	18,03
120	83	0,000415	6,66	330	243	0,001215	18,31
125	89	0,000445	6,94	335	248	0,001240	18,59
130	90	0,000450	7,21	340	252	0,001260	18,87
135	92	0,000460	7,49	345	258	0,001290	19,14
140	96	0,000480	7,77	350	262	0,001310	19,42
145	99	0,000495	8,05	355	268	0,001340	19,70
150	102	0,000510	8,32	360	272	0,001360	19,98
155	106	0,000530	8,60	365	278	0,001390	20,25
160	109	0,000545	8,88	370	282	0,001410	20,53
165	112	0,000560	9,16	375	287	0,001435	20,81
170	115	0,000575	9,43	380	292	0,001460	21,09
175	119	0,000595	9,71	385	298	0,001490	21,36
180	122	0,000610	9,99	390	302	0,001510	21,64
185	126	0,000630	10,27	395	307	0,001535	21,92
190	130	0,000650	10,54	400	313	0,001565	22,20
195	134	0,000670	10,82	405	320	0,001600	22,47
200	137	0,000685	11,10	410	325	0,001625	22,75
205	140	0,000700	11,38	415	330	0,001650	23,03

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	335	0,001675	23,31
425	340	0,001700	23,58
430	347	0,001735	23,86
435	352	0,001760	24,14
440	360	0,001800	24,42
445	365	0,001825	24,69
450	370	0,001850	24,97
455	377	0,001885	25,25
460	383	0,001915	25,53
465	390	0,001950	25,80
470	396	0,001980	26,08
475	403	0,002015	26,36
480	410	0,002050	26,64
485	418	0,002090	26,91
490	423	0,002115	27,19
495	431	0,002155	27,47
500	439	0,002195	27,75
505	448	0,002240	28,02
510	455	0,002275	28,30
515	463	0,002315	28,58
520	470	0,002350	28,86
525	478	0,002390	29,13
530	486	0,002430	29,41
535	496	0,002480	29,69
540	505	0,002525	29,97
545	514	0,002570	30,24
550	526	0,002630	30,52
555	-	-	30,74

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



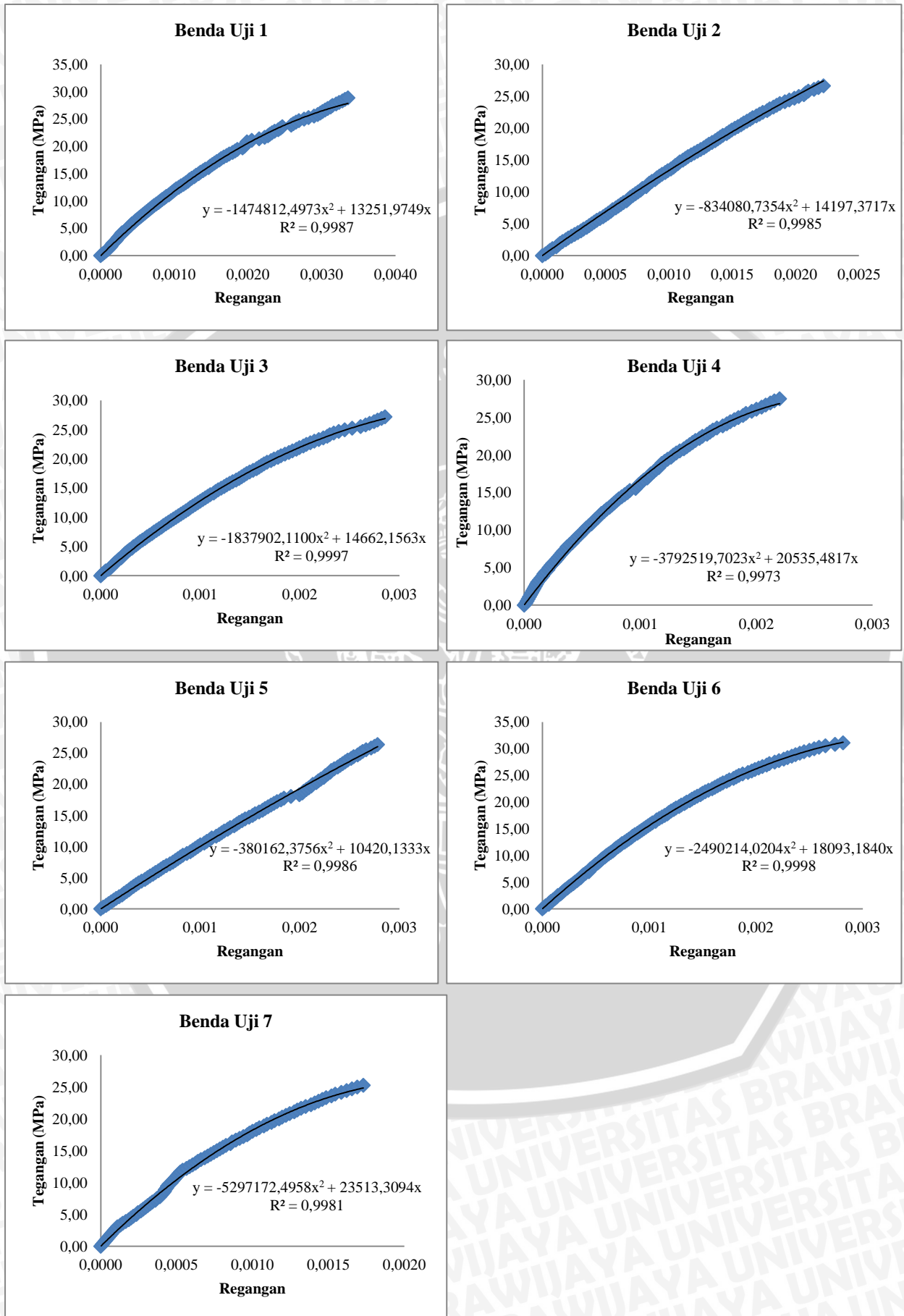
## Benda uji 9

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	171	0,000855	11,65
5	5	0,000025	0,28	215	175	0,000875	11,93
10	10	0,000050	0,55	220	180	0,000900	12,21
15	15	0,000075	0,83	225	185	0,000925	12,49
20	19	0,000095	1,11	230	189	0,000945	12,76
25	23	0,000115	1,39	235	193	0,000965	13,04
30	27	0,000135	1,66	240	197	0,000985	13,32
35	31	0,000155	1,94	245	202	0,001010	13,60
40	35	0,000175	2,22	250	206	0,001030	13,87
45	38	0,000190	2,50	255	211	0,001055	14,15
50	42	0,000210	2,77	260	215	0,001075	14,43
55	45	0,000225	3,05	265	219	0,001095	14,71
60	48	0,000240	3,33	270	223	0,001115	14,98
65	51	0,000255	3,61	275	227	0,001135	15,26
70	55	0,000275	3,88	280	231	0,001155	15,54
75	58	0,000290	4,16	285	235	0,001175	15,81
80	62	0,000310	4,44	290	239	0,001195	16,09
85	66	0,000330	4,72	295	245	0,001225	16,37
90	69	0,000345	4,99	300	251	0,001255	16,65
95	73	0,000365	5,27	305	258	0,001290	16,92
100	77	0,000385	5,55	310	264	0,001320	17,20
105	81	0,000405	5,83	315	270	0,001350	17,48
110	85	0,000425	6,10	320	276	0,001380	17,76
115	89	0,000445	6,38	325	282	0,001410	18,03
120	93	0,000465	6,66	330	288	0,001440	18,31
125	99	0,000495	6,94	335	294	0,001470	18,59
130	103	0,000515	7,21	340	301	0,001505	18,87
135	108	0,000540	7,49	345	309	0,001545	19,14
140	112	0,000560	7,77	350	317	0,001585	19,42
145	115	0,000575	8,05				
150	118	0,000590	8,32				
155	122	0,000610	8,60				
160	127	0,000635	8,88				
165	131	0,000655	9,16				
170	136	0,000680	9,43				
175	140	0,000700	9,71				
180	145	0,000725	9,99				
185	149	0,000745	10,27				
190	153	0,000765	10,54				
195	157	0,000785	10,82				
200	162	0,000810	11,10				
205	167	0,000835	11,38				

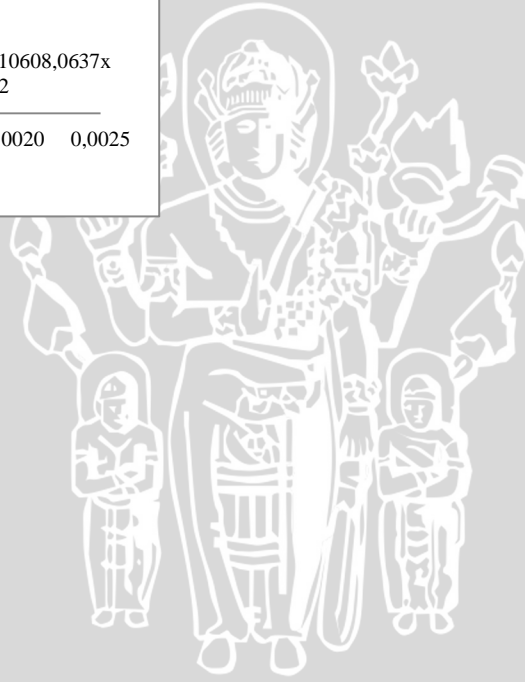
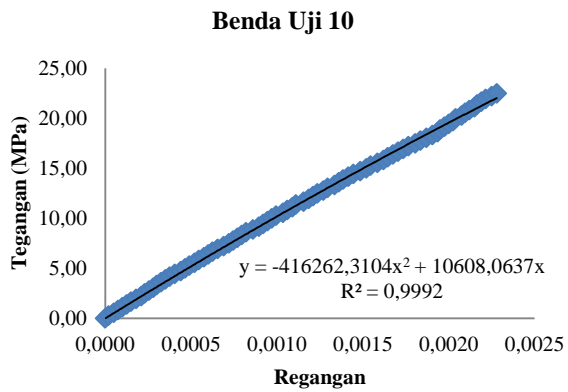
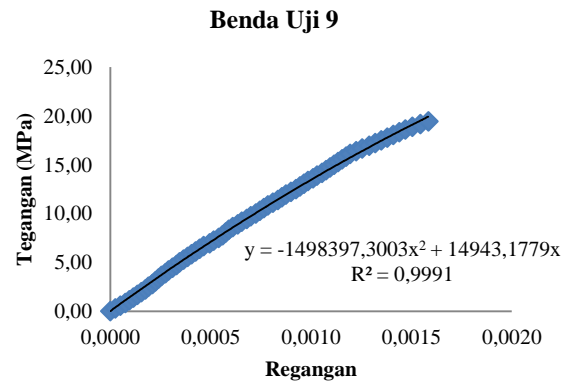
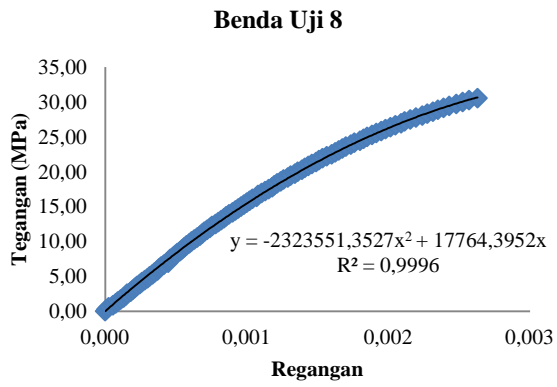
## Benda uji 10

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	231	0,001155	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	237	0,001185	11,93
10	10	0,000050	0,55	220	242	0,001210	12,21
15	15	0,000075	0,83	225	247	0,001235	12,49
20	20	0,000100	1,11	230	254	0,001270	12,76
25	25	0,000125	1,39	235	259	0,001295	13,04
30	30	0,000150	1,66	240	267	0,001335	13,32
35	36	0,000180	1,94	245	272	0,001360	13,60
40	42	0,000210	2,22	250	277	0,001385	13,87
45	46	0,000230	2,50	255	283	0,001415	14,15
50	51	0,000255	2,77	260	289	0,001445	14,43
55	56	0,000280	3,05	265	297	0,001485	14,71
60	60	0,000300	3,33	270	304	0,001520	14,98
65	65	0,000325	3,61	275	309	0,001545	15,26
70	70	0,000350	3,88	280	317	0,001585	15,54
75	75	0,000375	4,16	285	324	0,001620	15,81
80	81	0,000405	4,44	290	329	0,001645	16,09
85	88	0,000440	4,72	295	335	0,001675	16,37
90	93	0,000465	4,99	300	341	0,001705	16,65
95	98	0,000490	5,27	305	347	0,001735	16,92
100	104	0,000520	5,55	310	353	0,001765	17,20
105	109	0,000545	5,83	315	361	0,001805	17,48
110	115	0,000575	6,10	320	367	0,001835	17,76
115	120	0,000600	6,38	325	374	0,001870	18,03
120	125	0,000625	6,66	330	381	0,001905	18,31
125	131	0,000655	6,94	335	387	0,001935	18,59
130	138	0,000690	7,21	340	390	0,001950	18,87
135	144	0,000720	7,49	345	395	0,001975	19,14
140	149	0,000745	7,77	350	400	0,002000	19,42
145	154	0,000770	8,05	355	405	0,002025	19,70
150	159	0,000795	8,32	360	408	0,002040	19,98
155	164	0,000820	8,60	365	415	0,002075	20,25
160	172	0,000860	8,88	370	419	0,002095	20,53
165	179	0,000895	9,16	375	424	0,002120	20,81
170	184	0,000920	9,43	380	430	0,002150	21,09
175	189	0,000945	9,71	385	433	0,002165	21,36
180	194	0,000970	9,99	390	438	0,002190	21,64
185	199	0,000995	10,27	395	443	0,002215	21,92
190	207	0,001035	10,54	400	450	0,002250	22,20
195	212	0,001060	10,82	405	456	0,002280	22,47
200	218	0,001090	11,10				
205	222	0,001110	11,38				

Gambar grafik hubungan tegangan regangan beton normal FAS 0,5







## Daftar nilai modulus tiap benda uji

No.	$ax^2$	$bx$	$\epsilon_2$	$S_2$ (Mpa)	$\epsilon_1$	$S_1$ (Mpa)	$E_c$ (Mpa)
1	-1474812,50	13251,98	0,00098	11,54	0,00005	0,658912	11736,96
2	-834080,74	14197,37	0,00079	10,68	0,00005	0,707783	13497,97
3	-1837902,11	14662,16	0,00084	10,97	0,00005	0,728513	13035,05
4	-3792519,70	20535,48	0,00061	11,05	0,00005	1,017293	18047,10
5	-380162,38	10420,13	0,00106	10,59	0,00005	0,520056	9999,36
6	-2490214,02	18093,18	0,00077	12,50	0,00005	0,898434	16044,00
7	-5297172,50	23513,31	0,00048	10,12	0,00005	1,162423	20689,81
8	-2323551,35	17764,40	0,00077	12,30	0,00005	0,882411	15859,77
9	-1498397,30	14943,18	0,00055	7,77	0,00005	0,743413	14043,77
10	-416262,31	10608,06	0,00088	8,99	0,00005	0,529363	10221,92

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## Lampiran 7

## Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Normal FAS 0,6

## Benda uji 1

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	195	153	0,000765	10,82
5	3	0,000015	0,28	200	160	0,000800	11,10
10	5	0,000025	0,55	205	167	0,000835	11,38
15	7	0,000035	0,83	210	174	0,000870	11,65
20	9	0,000045	1,11	215	181	0,000905	11,93
25	11	0,000055	1,39	220	188	0,000940	12,21
30	13	0,000065	1,66	225	196	0,000980	12,49
35	15	0,000075	1,94	230	204	0,001020	12,76
40	17	0,000085	2,22	235	212	0,001060	13,04
45	20	0,000100	2,50	240	220	0,001100	13,32
50	22	0,000110	2,77	245	228	0,001140	13,60
55	24	0,000120	3,05	250	238	0,001190	13,87
60	26	0,000130	3,33	255	246	0,001230	14,15
65	28	0,000140	3,61	260	254	0,001270	14,43
70	30	0,000150	3,88	265	262	0,001310	14,71
75	32	0,000160	4,16	270	270	0,001350	14,98
80	35	0,000175	4,44	275	278	0,001390	15,26
85	38	0,000190	4,72	280	287	0,001435	15,54
90	41	0,000205	4,99	285	296	0,001480	15,81
95	44	0,000220	5,27	290	305	0,001525	16,09
100	47	0,000235	5,55	295	314	0,001570	16,37
105	51	0,000255	5,83	300	323	0,001615	16,65
110	55	0,000275	6,10	305	332	0,001660	16,92
115	58	0,000290	6,38	310	341	0,001705	17,20
120	62	0,000310	6,66	315	350	0,001750	17,48
125	68	0,000340	6,94	320	360	0,001800	17,76
130	73	0,000365	7,21	325	369	0,001845	18,03
135	78	0,000390	7,49	330	378	0,001890	18,31
140	83	0,000415	7,77	335	387	0,001935	18,59
145	88	0,000440	8,05	340	397	0,001985	18,87
150	95	0,000475	8,32	345	407	0,002035	19,14
155	101	0,000505	8,60	350	418	0,002090	19,42
160	107	0,000535	8,88	352	-	-	19,53
165	113	0,000565	9,16				
170	119	0,000595	9,43				
175	125	0,000625	9,71				
180	132	0,000660	9,99				
185	139	0,000695	10,27				
190	146	0,000730	10,54				

## Benda uji 2

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	120	0,000600	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	125	0,000625	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	130	0,000650	12,21
15	9	0,000045	0,83	225	135	0,000675	12,49
20	13	0,000065	1,11	230	142	0,000710	12,76
25	14	0,000070	1,39	235	148	0,000740	13,04
30	15	0,000075	1,66	240	154	0,000770	13,32
35	16	0,000080	1,94	245	160	0,000800	13,60
40	17	0,000085	2,22	250	166	0,000830	13,87
45	18	0,000090	2,50	255	172	0,000860	14,15
50	20	0,000100	2,77	260	178	0,000890	14,43
55	21	0,000105	3,05	265	184	0,000920	14,71
60	23	0,000115	3,33	270	190	0,000950	14,98
65	25	0,000125	3,61	275	198	0,000990	15,26
70	26	0,000130	3,88	280	204	0,001020	15,54
75	28	0,000140	4,16	285	212	0,001060	15,81
80	30	0,000150	4,44	290	218	0,001090	16,09
85	32	0,000160	4,72	295	224	0,001120	16,37
90	34	0,000170	4,99	300	230	0,001150	16,65
95	37	0,000185	5,27	305	236	0,001180	16,92
100	39	0,000195	5,55	310	242	0,001210	17,20
105	42	0,000210	5,83	315	250	0,001250	17,48
110	44	0,000220	6,10	320	258	0,001290	17,76
115	46	0,000230	6,38	325	266	0,001330	18,03
120	49	0,000245	6,66	330	274	0,001370	18,31
125	52	0,000260	6,94	335	281	0,001405	18,59
130	55	0,000275	7,21	340	287	0,001435	18,87
135	58	0,000290	7,49	345	291	0,001455	19,14
140	62	0,000310	7,77	350	298	0,001490	19,42
145	64	0,000320	8,05	355	304	0,001520	19,70
150	67	0,000335	8,32	360	312	0,001560	19,98
155	72	0,000360	8,60	365	320	0,001600	20,25
160	75	0,000375	8,88	370	330	0,001650	20,53
165	79	0,000395	9,16	375	340	0,001700	20,81
170	82	0,000410	9,43	380	360	0,001800	21,09
175	86	0,000430	9,71	385	371	0,001855	21,36
180	92	0,000460	9,99	390	379	0,001895	21,64
185	95	0,000475	10,27	395	388	0,001940	21,92
190	100	0,000500	10,54	400	396	0,001895	22,20
195	105	0,000525	10,82	405	406	0,001940	22,47
200	110	0,000550	11,10	410	417	0,001980	22,75
205	114	0,000570	11,38	415	430	0,002030	23,03

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	453	0,002085	23,31
425	468	0,002150	23,58
428	-	-	23,75



## Benda uji 3

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	168	0,000840	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	175	0,000875	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	182	0,000910	12,21
15	7	0,000035	0,83	225	190	0,000950	12,49
20	9	0,000045	1,11	230	198	0,000990	12,76
25	11	0,000055	1,39	235	206	0,001030	13,04
30	13	0,000065	1,66	240	214	0,001070	13,32
35	15	0,000075	1,94	245	222	0,001110	13,60
40	17	0,000085	2,22	250	230	0,001150	13,87
45	19	0,000095	2,50	255	238	0,001190	14,15
50	21	0,000105	2,77	260	246	0,001230	14,43
55	23	0,000115	3,05	265	254	0,001270	14,71
60	25	0,000125	3,33	270	262	0,001310	14,98
65	27	0,000135	3,61	275	270	0,001350	15,26
70	29	0,000145	3,88	280	279	0,001395	15,54
75	31	0,000155	4,16	285	288	0,001440	15,81
80	34	0,000170	4,44	290	297	0,001485	16,09
85	37	0,000185	4,72	295	306	0,001530	16,37
90	40	0,000200	4,99	300	315	0,001575	16,65
95	43	0,000215	5,27	305	324	0,001620	16,92
100	46	0,000230	5,55	310	333	0,001665	17,20
105	49	0,000245	5,83	315	342	0,001710	17,48
110	52	0,000260	6,10	320	351	0,001755	17,76
115	55	0,000275	6,38	325	360	0,001800	18,03
120	59	0,000295	6,66	326	-	-	18,09
125	63	0,000315	6,94				
130	68	0,000340	7,21				
135	73	0,000365	7,49				
140	78	0,000390	7,77				
145	83	0,000415	8,05				
150	89	0,000445	8,32				
155	95	0,000475	8,60				
160	101	0,000505	8,88				
165	107	0,000535	9,16				
170	113	0,000565	9,43				
175	119	0,000595	9,71				
180	126	0,000630	9,99				
185	133	0,000665	10,27				
190	140	0,000700	10,54				
195	147	0,000735	10,82				
200	154	0,000770	11,10				
205	161	0,000805	11,38				

## Benda uji 4

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	167	0,000835	11,65
5	2	0,000010	0,28	215	174	0,000870	11,93
10	4	0,000020	0,55	220	181	0,000905	12,21
15	6	0,000030	0,83	225	189	0,000945	12,49
20	8	0,000040	1,11	230	197	0,000985	12,76
25	10	0,000050	1,39	235	205	0,001025	13,04
30	12	0,000060	1,66	240	213	0,001065	13,32
35	14	0,000070	1,94	245	221	0,001105	13,60
40	16	0,000080	2,22	250	229	0,001145	13,87
45	18	0,000090	2,50	255	237	0,001185	14,15
50	20	0,000100	2,77	260	245	0,001225	14,43
55	22	0,000110	3,05	265	253	0,001265	14,71
60	24	0,000120	3,33	270	261	0,001305	14,98
65	26	0,000130	3,61	275	269	0,001345	15,26
70	28	0,000140	3,88	280	278	0,001390	15,54
75	30	0,000150	4,16	285	287	0,001435	15,81
80	33	0,000165	4,44	290	296	0,001480	16,09
85	36	0,000180	4,72	295	305	0,001525	16,37
90	39	0,000195	4,99	300	314	0,001570	16,65
95	42	0,000210	5,27	305	323	0,001615	16,92
100	45	0,000225	5,55	310	332	0,001660	17,20
105	48	0,000240	5,83	315	341	0,001705	17,48
110	51	0,000255	6,10	320	350	0,001750	17,76
115	54	0,000270	6,38	325	359	0,001795	18,03
120	58	0,000290	6,66	330	368	0,001840	18,31
125	62	0,000310	6,94	335	376	0,001880	18,59
130	67	0,000335	7,21	340	385	0,001925	18,87
135	72	0,000360	7,49	345	393	0,001965	19,14
140	77	0,000385	7,77	350	404	0,002020	19,42
145	82	0,000410	8,05	355	414	0,002070	19,70
150	88	0,000440	8,32	360	429	0,002145	19,98
155	94	0,000470	8,60	365	443	0,002215	20,25
160	100	0,000500	8,88	370	451	0,002255	20,53
165	106	0,000530	9,16	372	-	-	20,64
170	112	0,000560	9,43				
175	118	0,000590	9,71				
180	125	0,000625	9,99				
185	132	0,000660	10,27				
190	139	0,000695	10,54				
195	146	0,000730	10,82				
200	153	0,000765	11,10				
205	160	0,000800	11,38				



## Benda uji 5

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,00000	0,00	210	133	0,00067	11,65
5	3	0,00002	0,28	215	138	0,00069	11,93
10	6	0,00003	0,55	220	143	0,00072	12,21
15	9	0,00005	0,83	225	148	0,00074	12,49
20	13	0,00007	1,11	230	155	0,00078	12,76
25	15	0,00008	1,39	235	161	0,00081	13,04
30	17	0,00009	1,66	240	167	0,00084	13,32
35	19	0,00010	1,94	245	173	0,00087	13,60
40	21	0,00011	2,22	250	179	0,00090	13,87
45	23	0,00012	2,50	255	185	0,00093	14,15
50	26	0,00013	2,77	260	191	0,00096	14,43
55	28	0,00014	3,05	265	197	0,00099	14,71
60	31	0,00016	3,33	270	203	0,00102	14,98
65	34	0,00017	3,61	275	211	0,00106	15,26
70	36	0,00018	3,88	280	217	0,00109	15,54
75	38	0,00019	4,16	285	225	0,00113	15,81
80	40	0,00020	4,44	290	231	0,00116	16,09
85	43	0,00022	4,72	295	237	0,00119	16,37
90	46	0,00023	4,99	300	243	0,00122	16,65
95	49	0,00025	5,27	305	249	0,00125	16,92
100	52	0,00026	5,55	310	255	0,00128	17,20
105	55	0,00028	5,83	315	263	0,00132	17,48
110	57	0,00029	6,10	320	271	0,00136	17,76
115	59	0,00030	6,38	325	279	0,00140	18,03
120	62	0,00031	6,66	330	287	0,00144	18,31
125	65	0,00033	6,94	335	294	0,00147	18,59
130	68	0,00034	7,21	340	300	0,00150	18,87
135	71	0,00036	7,49	345	304	0,00152	19,14
140	75	0,00038	7,77	350	311	0,00156	19,42
145	78	0,00039	8,05	355	317	0,00159	19,70
150	81	0,00041	8,32	360	325	0,00163	19,98
155	85	0,00043	8,60	365	333	0,00167	20,25
160	88	0,00044	8,88	370	343	0,00172	20,53
165	92	0,00046	9,16	375	353	0,00177	20,81
170	95	0,00048	9,43	380	363	0,00182	21,09
175	99	0,00050	9,71	385	374	0,00187	21,36
180	105	0,00053	9,99	390	384	0,00192	21,64
185	108	0,00054	10,27	395	396	0,00198	21,92
190	113	0,00057	10,54	400	406	0,00203	22,20
195	118	0,00059	10,82	405	416	0,00208	22,47
200	123	0,00062	11,10	410	427	0,00214	22,75
205	127	0,00064	11,38	415	440	0,00220	23,03

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
420	455	0,00228	23,31
425	470	0,00235	23,58
430	480	0,00240	23,86
435	490	0,00245	24,14
440	504	0,00252	24,42
445	519	0,00260	24,69
448	-	-	24,86



## Benda uji 6

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,00000	0,00	210	188	0,00094	11,65
5	3	0,00002	0,28	215	196	0,00098	11,93
10	5	0,00003	0,55	220	205	0,00103	12,21
15	7	0,00004	0,83	225	213	0,00107	12,49
20	9	0,00005	1,11	230	222	0,00111	12,76
25	11	0,00006	1,39	235	230	0,00115	13,04
30	14	0,00007	1,66	240	238	0,00119	13,32
35	17	0,00009	1,94	245	246	0,00123	13,60
40	20	0,00010	2,22	250	254	0,00127	13,87
45	23	0,00012	2,50	255	261	0,00131	14,15
50	26	0,00013	2,77	260	267	0,00134	14,43
55	29	0,00015	3,05	265	275	0,00138	14,71
60	32	0,00016	3,33	270	282	0,00141	14,98
65	35	0,00018	3,61	275	288	0,00144	15,26
70	38	0,00019	3,88	280	296	0,00148	15,54
75	41	0,00021	4,16	285	304	0,00152	15,81
80	45	0,00023	4,44	288	-	-	15,98
85	49	0,00025	4,72				
90	53	0,00027	4,99				
95	57	0,00029	5,27				
100	61	0,00031	5,55				
105	65	0,00033	5,83				
110	69	0,00035	6,10				
115	73	0,00037	6,38				
120	77	0,00039	6,66				
125	81	0,00041	6,94				
130	86	0,00043	7,21				
135	91	0,00046	7,49				
140	96	0,00048	7,77				
145	101	0,00051	8,05				
150	107	0,00054	8,32				
155	113	0,00057	8,60				
160	119	0,00060	8,88				
165	125	0,00063	9,16				
170	131	0,00066	9,43				
175	137	0,00069	9,71				
180	144	0,00072	9,99				
185	151	0,00076	10,27				
190	158	0,00079	10,54				
195	165	0,00083	10,82				
200	172	0,00086	11,10				
205	180	0,00090	11,38				

## Benda uji 7

P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,00000	0,00	210	143	0,00072	11,65
5	2	0,00001	0,28	215	148	0,00074	11,93
10	5	0,00003	0,55	220	153	0,00077	12,21
15	8	0,00004	0,83	225	158	0,00079	12,49
20	12	0,00006	1,11	230	165	0,00083	12,76
25	15	0,00008	1,39	235	171	0,00086	13,04
30	18	0,00009	1,66	240	177	0,00089	13,32
35	21	0,00011	1,94	245	183	0,00092	13,60
40	24	0,00012	2,22	250	189	0,00095	13,87
45	27	0,00014	2,50	255	195	0,00098	14,15
50	30	0,00015	2,77	260	201	0,00101	14,43
55	33	0,00017	3,05	265	207	0,00104	14,71
60	36	0,00018	3,33	270	213	0,00107	14,98
65	39	0,00020	3,61	275	221	0,00111	15,26
70	43	0,00022	3,88	280	227	0,00114	15,54
75	47	0,00024	4,16	285	235	0,00118	15,81
80	50	0,00025	4,44	290	241	0,00121	16,09
85	53	0,00027	4,72	295	247	0,00124	16,37
90	56	0,00028	4,99	300	253	0,00127	16,65
95	59	0,00030	5,27	305	259	0,00130	16,92
100	62	0,00031	5,55	310	265	0,00133	17,20
105	65	0,00033	5,83	315	273	0,00137	17,48
110	67	0,00034	6,10	320	281	0,00141	17,76
115	69	0,00035	6,38	325	289	0,00145	18,03
120	72	0,00036	6,66	330	297	0,00149	18,31
125	75	0,00038	6,94	335	304	0,00152	18,59
130	78	0,00039	7,21	340	310	0,00155	18,87
135	81	0,00041	7,49	345	314	0,00157	19,14
140	85	0,00043	7,77	350	321	0,00161	19,42
145	88	0,00044	8,05	355	327	0,00164	19,70
150	91	0,00046	8,32	360	335	0,00168	19,98
155	95	0,00048	8,60	365	343	0,00172	20,25
160	98	0,00049	8,88	370	350	0,00175	20,53
165	102	0,00051	9,16	375	357	0,00179	20,81
170	105	0,00053	9,43	380	364	0,00182	21,09
175	109	0,00055	9,71	385	371	0,00186	21,36
180	115	0,00058	9,99	390	378	0,00189	21,64
185	118	0,00059	10,27	395	385	0,00193	21,92
190	123	0,00062	10,54	400	392	0,00196	22,20
195	128	0,00064	10,82	405	399	0,00200	22,47
200	133	0,00067	11,10	410	407	0,00204	22,75
205	137	0,00069	11,38	415	415	0,00208	23,03

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10-3mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	423	0,00212	23,31
425	430	0,00215	23,58
430	438	0,00219	23,86
435	447	0,00224	24,14
440	456	0,00228	24,42
445	465	0,00233	24,69
450	474	0,00237	24,97
455	483	0,00242	25,25
460	492	0,00246	25,53
465	501	0,00251	25,80
470	510	0,00255	26,08
475	519	0,00260	26,36
480	528	0,00264	26,64
485	535	0,00268	26,91
490	542	0,00271	27,19
495	549	0,00275	27,47
500	556	0,00278	27,75
505	563	0,00282	28,02
510	571	0,00286	28,30
515	579	0,00290	28,58
520	587	0,00294	28,86
525	595	0,00298	29,13
530	603	0,00302	29,41
535	611	0,00306	29,69
540	619	0,00310	29,97
545	627	0,00314	30,24
550	642	0,00321	30,52
555	657	0,00329	30,80
567	-	-	31,46



## Benda uji 8

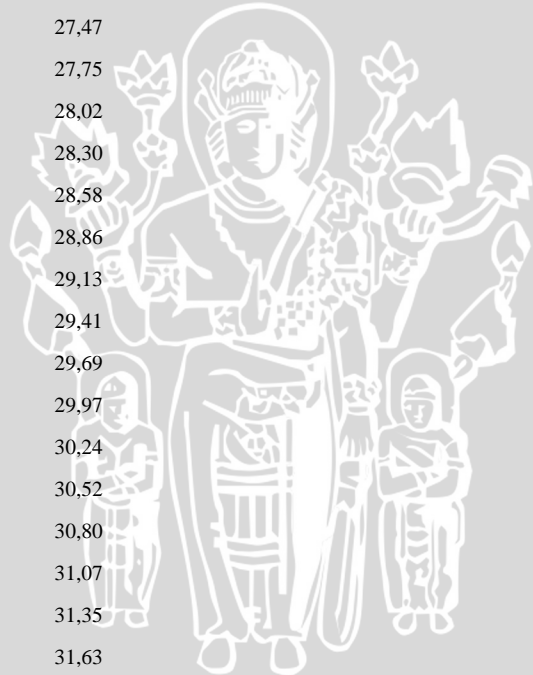
P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan (x10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	188	0,000940	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	196	0,000980	11,93
10	5	0,000025	0,55	220	205	0,001025	12,21
15	7	0,000035	0,83	225	213	0,001065	12,49
20	9	0,000045	1,11	230	222	0,001110	12,76
25	11	0,000055	1,39	235	230	0,001150	13,04
30	14	0,000070	1,66	240	238	0,001190	13,32
35	17	0,000085	1,94	245	246	0,001230	13,60
40	20	0,000100	2,22	250	254	0,001270	13,87
45	23	0,000115	2,50	255	261	0,001305	14,15
50	26	0,000130	2,77	260	267	0,001335	14,43
55	29	0,000145	3,05	265	275	0,001375	14,71
60	32	0,000160	3,33	270	282	0,001410	14,98
65	35	0,000175	3,61	275	288	0,001440	15,26
70	38	0,000190	3,88	280	296	0,001480	15,54
75	41	0,000205	4,16	285	304	0,001520	15,81
80	45	0,000225	4,44	290	310	0,001550	16,09
85	49	0,000245	4,72	295	316	0,001580	16,37
90	53	0,000265	4,99	300	322	0,001610	16,65
95	57	0,000285	5,27	305	328	0,001640	16,92
100	61	0,000305	5,55	310	336	0,001680	17,20
105	65	0,000325	5,83	315	344	0,001720	17,48
110	69	0,000345	6,10	320	352	0,001760	17,76
115	73	0,000365	6,38	325	360	0,001800	18,03
120	77	0,000385	6,66	330	367	0,001835	18,31
125	81	0,000405	6,94	335	373	0,001865	18,59
130	86	0,000430	7,21	340	377	0,001885	18,87
135	91	0,000455	7,49	345	384	0,001920	19,14
140	96	0,000480	7,77	350	390	0,001950	19,42
145	101	0,000505	8,05	355	398	0,001990	19,70
150	107	0,000535	8,32	360	406	0,002030	19,98
155	113	0,000565	8,60	365	416	0,002080	20,25
160	119	0,000595	8,88	370	426	0,002130	20,53
165	125	0,000625	9,16	375	436	0,002180	20,81
170	131	0,000655	9,43	380	447	0,002235	21,09
175	137	0,000685	9,71	385	457	0,002285	21,36
180	144	0,000720	9,99	390	469	0,002345	21,64
185	151	0,000755	10,27	391	-	-	21,70
190	158	0,000790	10,54				
195	165	0,000825	10,82				
200	172	0,000860	11,10				
205	180	0,000900	11,38				

## Benda uji 9

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	133	0,000665	11,65
5	4	0,000020	0,28	215	137	0,000685	11,93
10	7	0,000035	0,55	220	141	0,000705	12,21
15	10	0,000050	0,83	225	145	0,000725	12,49
20	14	0,000070	1,11	230	149	0,000745	12,76
25	17	0,000085	1,39	235	153	0,000765	13,04
30	20	0,000100	1,66	240	157	0,000785	13,32
35	23	0,000115	1,94	245	161	0,000805	13,60
40	26	0,000130	2,22	250	166	0,000830	13,87
45	29	0,000145	2,50	255	171	0,000855	14,15
50	32	0,000160	2,77	260	176	0,000880	14,43
55	35	0,000175	3,05	265	181	0,000905	14,71
60	38	0,000190	3,33	270	186	0,000930	14,98
65	41	0,000205	3,61	275	191	0,000955	15,26
70	45	0,000225	3,88	280	196	0,000980	15,54
75	49	0,000245	4,16	285	202	0,001010	15,81
80	52	0,000260	4,44	290	208	0,001040	16,09
85	55	0,000275	4,72	295	214	0,001070	16,37
90	58	0,000290	4,99	300	220	0,001100	16,65
95	61	0,000305	5,27	305	226	0,001130	16,92
100	64	0,000320	5,55	310	232	0,001160	17,20
105	67	0,000335	5,83	315	238	0,001190	17,48
110	69	0,000345	6,10	320	244	0,001220	17,76
115	71	0,000355	6,38	325	251	0,001255	18,03
120	74	0,000370	6,66	330	258	0,001290	18,31
125	77	0,000385	6,94	335	265	0,001325	18,59
130	80	0,000400	7,21	340	272	0,001360	18,87
135	83	0,000415	7,49	345	279	0,001395	19,14
140	87	0,000435	7,77	350	286	0,001430	19,42
145	90	0,000450	8,05	355	293	0,001465	19,70
150	93	0,000465	8,32	360	300	0,001500	19,98
155	97	0,000485	8,60	365	307	0,001535	20,25
160	100	0,000500	8,88	370	315	0,001575	20,53
165	104	0,000520	9,16	375	322	0,001610	20,81
170	107	0,000535	9,43	380	329	0,001645	21,09
175	111	0,000555	9,71	385	336	0,001680	21,36
180	114	0,000570	9,99	390	343	0,001715	21,64
185	117	0,000585	10,27	395	350	0,001750	21,92
190	120	0,000600	10,54	400	357	0,001785	22,20
195	123	0,000615	10,82	405	364	0,001820	22,47
200	126	0,000630	11,10	410	372	0,001860	22,75
205	129	0,000645	11,38	415	380	0,001900	23,03

<b>P (KN)</b>	<b>Perpendekan (x10-3mm)</b>	<b>Regangan</b>	<b>Tegangan (MPa)</b>
420	388	0,001940	23,31
425	395	0,001975	23,58
430	403	0,002015	23,86
435	412	0,002060	24,14
440	421	0,002105	24,42
445	430	0,002150	24,69
450	439	0,002195	24,97
455	448	0,002240	25,25
460	457	0,002285	25,53
465	466	0,002330	25,80
470	475	0,002375	26,08
475	484	0,002420	26,36
480	493	0,002465	26,64
485	500	0,002500	26,91
490	507	0,002535	27,19
495	514	0,002570	27,47
500	521	0,002605	27,75
505	528	0,002640	28,02
510	536	0,002680	28,30
515	544	0,002720	28,58
520	552	0,002760	28,86
525	561	0,002805	29,13
530	569	0,002845	29,41
535	577	0,002885	29,69
540	585	0,002925	29,97
545	593	0,002965	30,24
550	597	0,002985	30,52
555	602	0,003010	30,80
560	612	0,003060	31,07
565	622	0,003110	31,35
570	634	0,003170	31,63
573	-	-	31,80

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

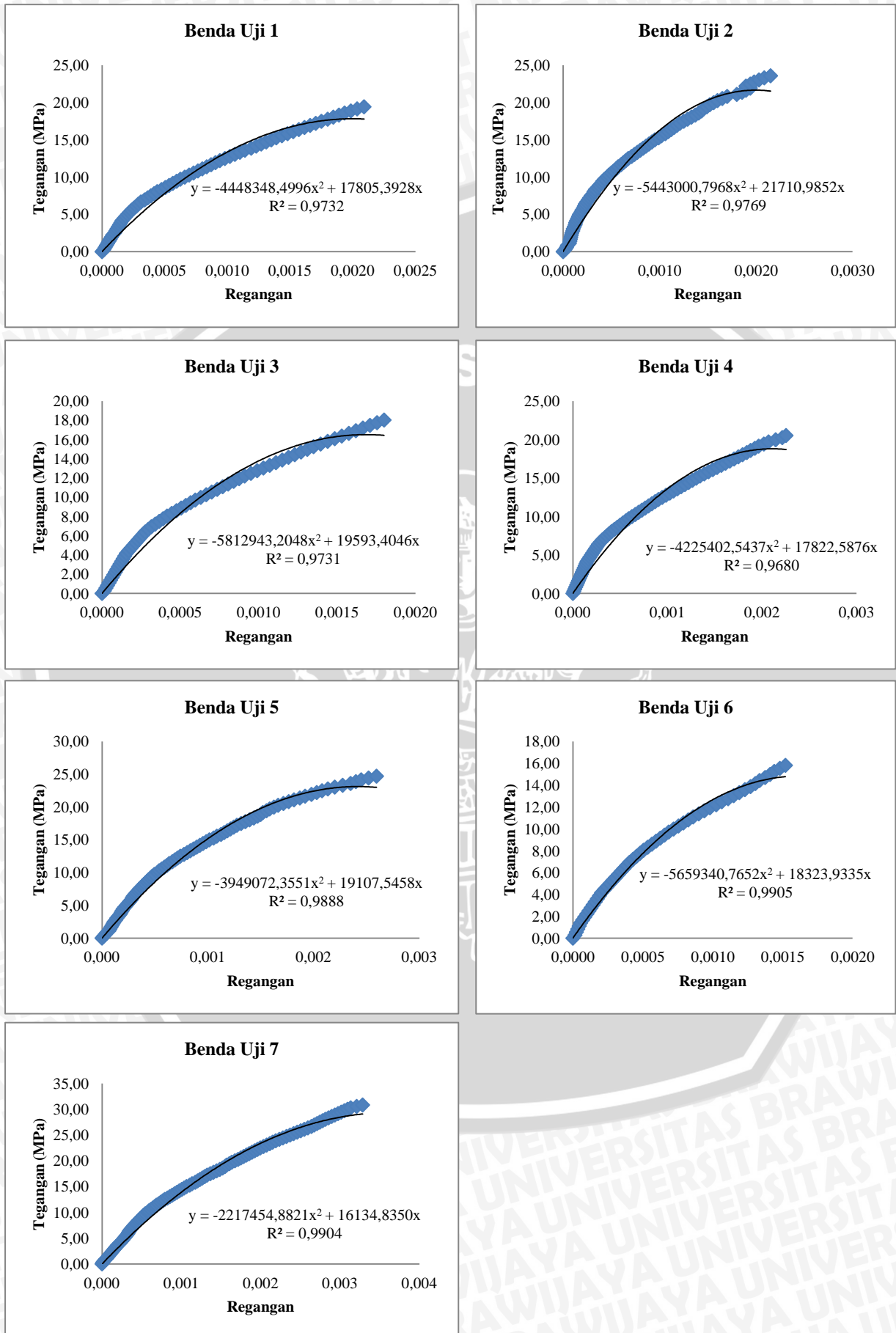


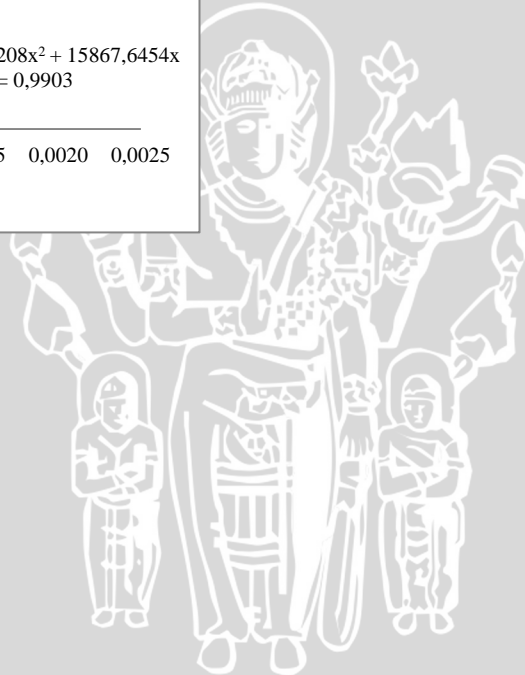
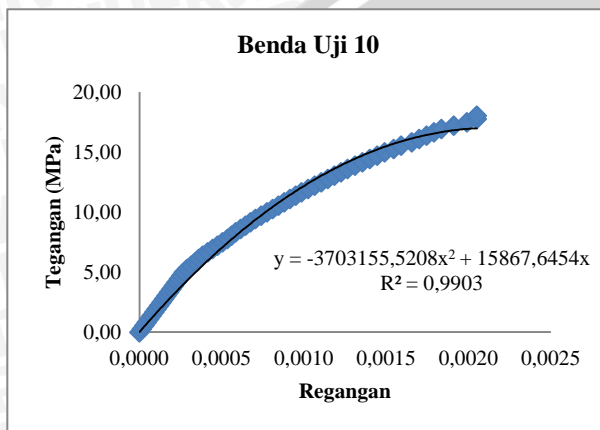
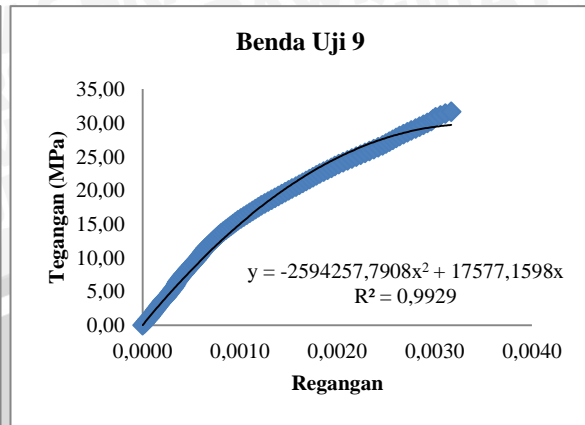
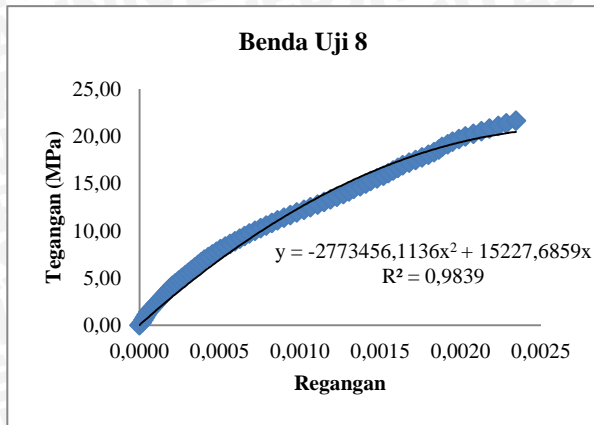


## Benda uji 10

P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)	P (KN)	Perpendekan ( $\times 10^{-3}$ mm)	Regangan	Tegangan (MPa)
0	0	0,000000	0,00	210	197	0,000985	11,65
5	3	0,000015	0,28	215	205	0,001025	11,93
10	6	0,000030	0,55	220	213	0,001065	12,21
15	9	0,000045	0,83	225	221	0,001105	12,49
20	12	0,000060	1,11	230	229	0,001145	12,76
25	15	0,000075	1,39	235	237	0,001185	13,04
30	18	0,000090	1,66	240	245	0,001225	13,32
35	21	0,000105	1,94	245	253	0,001265	13,60
40	24	0,000120	2,22	250	262	0,001310	13,87
45	27	0,000135	2,50	255	271	0,001355	14,15
50	30	0,000150	2,77	260	280	0,001400	14,43
55	33	0,000165	3,05	265	289	0,001445	14,71
60	36	0,000180	3,33	270	298	0,001490	14,98
65	39	0,000195	3,61	275	309	0,001545	15,26
70	42	0,000210	3,88	280	318	0,001590	15,54
75	45	0,000225	4,16	285	331	0,001655	15,81
80	48	0,000240	4,44	290	340	0,001700	16,09
85	51	0,000255	4,72	295	349	0,001745	16,37
90	54	0,000270	4,99	300	358	0,001790	16,65
95	58	0,000290	5,27	305	367	0,001835	16,92
100	63	0,000315	5,55	310	382	0,001910	17,20
105	68	0,000340	5,83	315	398	0,001990	17,48
110	72	0,000360	6,10	320	410	0,002050	17,76
115	77	0,000385	6,38	325	410	0,002050	18,03
120	83	0,000415	6,66	326	-	-	18,09
125	89	0,000445	6,94				
130	95	0,000475	7,21				
135	101	0,000505	7,49				
140	107	0,000535	7,77				
145	112	0,000560	8,05				
150	117	0,000585	8,32				
155	123	0,000615	8,60				
160	129	0,000645	8,88				
165	135	0,000675	9,16				
170	141	0,000705	9,43				
175	148	0,000740	9,71				
180	155	0,000775	9,99				
185	162	0,000810	10,27				
190	169	0,000845	10,54				
195	176	0,000880	10,82				
200	183	0,000915	11,10				
205	190	0,000950	11,38				

Gambar grafik hubungan tegangan regangan beton normal FAS 0,6





## Daftar nilai modulus tiap benda uji

No.	$ax^2$	$bx$	$\epsilon_2$	$S_2$ (Mpa)	$\epsilon_1$	$S_1$ (Mpa)	$E_c$ (Mpa)
1	-4448348,50	17805,39	0,00050	7,81	0,00005	0,879149	15351,30
2	-5443000,80	21710,99	0,00050	9,50	0,00005	1,071942	18715,56
3	-5812943,20	19593,40	0,00042	7,24	0,00005	0,965138	16848,59
4	-4225402,54	17822,59	0,00053	8,26	0,00005	0,880566	15372,49
5	-3949072,36	19107,55	0,00059	9,94	0,00005	0,945505	16567,78
6	-5659340,77	18323,93	0,00040	6,39	0,00005	0,902048	15790,15
7	-2217454,88	16134,84	0,00089	12,59	0,00005	0,801198	14053,74
8	-2773456,11	15227,69	0,00065	8,68	0,00005	0,754451	13297,57
9	-2594257,79	17577,16	0,00082	12,72	0,00005	0,872372	15310,49
10	-3703155,52	15867,65	0,00052	7,24	0,00005	0,784124	13761,11

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





Lampiran 8

➤ Lokasi : Kecamatan Campur Darat, Kota Tulungagung



Gambar 1 : Lokasi Pengambilan Limbah Batu onix



Gambar 2 : Lokasi Tempat Pengambilan Limbah Batu Onix



Gambar 3 : Lokasi Tempat Pengambilan Limbah Batu Onix

## ➤ Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar 4 : Agregat Kasar Batu Onix



Gambar 5 : Air



Gambar 6 : Semen dan Pasir



Gambar 7 : Persiapan Pengecoran





Gambar 8 : Persiapan Cetakan





Gambar 9 : Pencampuran Semen, Pasir, Batu Onix, dan Air Pada Molen



Gambar 10 : Beton Setelah Proses Pencampuran



Gambar 11 : Proses Slump



Gambar 12 : Slump 16,5 cm



Gambar 13 : Vibrator



Gambar 14 : Pembuatan Benda Uji dengan Cetakan Silinder



Gambar 15 : Pelepasan Cetakan Setelah 24 jam



➤ Pengujian Modulus Elastisitas



Gambar 1 : Pemanasan Belerang



Gambar 2 : Caping



Gambar 3 : Penimbangan Benda Uji



Gambar 4 : Pemasangan Alat Uji Modulus Elastisitas



Gambar 5 : Skema Pengujian dan Pembebanan